

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla



FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

Département de : Génie Civil et Hydraulique

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique, Filière : Hydraulique
Spécialité : Traitement des eaux

C:.....

R:.....

Thème

Elimination de fer des eaux de boisson par Oxydation- Filtration sur sable

Soutenu publiquement le : 11/06/2022

Présenté par :

- ❖ BENHAROUNE Safa
- ❖ HALASSA Ouissam

Soumis au jury composé de :

NETTARI Kamel	M.A.A	U K M Ouargla	Président
GHERAIRI Yamina	M.A.A	U K M Ouargla	Examineur
MEKHLOUFI Nabil	Docteur	U K M Ouargla	Encadreur
BAOUIA Kais	M.C.A	U K M Ouargla	Co-Encadreur

Année Universitaire : 2021/2022

Dédicace

Nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui nous a inspirés avec patience et constance, nous a donné la force et la détermination pour continuer notre cheminement éducatif et nous a permis de mener à bien ce travail.

*Pour le propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée éclairée;
Qui était le meilleur exemple du chef de famille,*

Qui n'a pas oublié de me donner le chemin du bien et du bonheur

*Il a été le premier à obtenir des crédits pour mes études supérieures
mon père **Ahmad** que Dieu le protège*

A celui qui m'a mis sur le chemin de la vie et m'a apaisé,

*Elle a pris soin de moi jusqu'à ce que je grandisse, qui est décédée il y a environ un an, à celui qui a mis le ciel sous ses pieds, et l'a honorée dans son précieux livre ma mère **Fatiha** que Dieu ait pitié d'elle.*

Pour ceux qui en dépendent dans tous les domaines, petits et grands. Qui a eu un grand impact sur de nombreux obstacles et difficultés..

Mes frères et sœurs, tous en son nom

A mes amis et connaissances que j'adore et respecte.

Je dédie le fruit de mes efforts.

Safa



Dédicace

Nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui nous a inspirés avec patience et constance, nous a donné la force et la détermination pour continuer notre cheminement éducatif et nous a permis de mener à bien ce travail.

Pour mon modèle permanent dans la vie, pour le phare du don et mon premier professeur, pour le sacrifice constant du Cœur Immaculé.

*Mon cher père **MOHAMMED**, que Dieu lui fasse miséricorde*

Pour une femme au grand cœur, elle porte avec elle la pureté de soi, la tendresse et la tendresse avec une touche d'amour... Accomplissant un serment que je n'oublierai jamais votre gentillesse aussi longtemps que je vivrai.

*Ma chère mère est **SAIDA**, que Dieu la protège*

Au sourire de la vie et au secret de l'existence mes frères et sœurs, dans l'appréciation et le respect, chacun en son nom

A toute ma chère famille, parents et amis, et à tous ceux qui m'ont aidé à faire ce travail

A tous mes collègues de la promotion 2017/2022

A tous ceux que ma mémoire a porté et ceux que mon journal n'a pas porté

Je lui donne le fruit de mon travail acharné

wissam





Remerciements

Je remercie Dieu et le loue beaucoup, bon et béni, pour cette bonne et bénéfique bénédiction

La bénédiction de la connaissance et de la perspicacité

Je demande à Dieu de me donner la santé et le bien-être tout au long de ma vie



*J'ai l'honneur d'exprimer mes sincères remerciements, mes remerciements et ma reconnaissance à ceux qui m'ont contacté et m'ont aidé à surmonter les difficultés que j'ai rencontrées, et en particulier : Je tiens à remercier sincèrement mon maître Monsieur **BAOUIA Kais***

*Qui en sa qualité de superviseur mémoire, et d'assistant superviseur, **MEKHOLOUFI Nabil** a toujours été très attentif et disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, en plus de l'inspiration, de l'aide et du temps qu'il voulait pour nous, il ne nous a pas lésiné avec ses conseils et ses orientations pour mener à bien ce projet.*



*Je remercie le doyen du Collège, **KERIKER Abd el Wahed**, et les professeurs du Collège des sciences appliquées, en particulier les professeurs du Département de génie civil et hydraulique, qui ont su faire de notre collège une entité et une existence malgré tous les obstacles.*

*Je remercie le Professeur **Asmaa**, encadrant au laboratoire du Centre de Recherche Scientifique du Pôle Universitaire 3-OUARGLA-*

Merci à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.



Liste des figures

Liste des figures

N° de figure	Titre de figure	N° de page
II.1	Figure. Principe de l'osmose inverse	16
IV.1	Figure. Bécher	32
IV.2	Figure. Baril d'eau	33
IV.3	Figure. Cuillère de laboratoire	33
IV.4	Figure. Fiole jaugée	34
IV.5	Figure. Bouteille de montre	34
IV.6	Figure. Entonnoir	35
IV.7	Figure. Fiole Erlenmeyer	35
IV.8	Figure. L'eau distillée	36
IV.9	Figure. Sable	36
IV.10	Figure. Gravier	37
IV.11	Figure. La chaux	37
IV.12	Figure. La sulfate de fer (II)	38
IV.13	Figure. Le chlore hydrogène	38
IV.14	Figure. Réactif de fer	38
IV.15	Figure. Les tamis	39
IV.16	Figure. Balance électronique sensible	39
IV.17	Figure. Agitateur électronique	40
IV.18	Figure. Multi paramètre	40
IV.19	Figure. Spectrophotomètre DR-6000	41
IV.20	Figure. Préparation de la solution mère	41

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N° de tableaux	Titre de tableaux	N° de page
IV.1	Tableau. Résultats de l'analyse granulométrique du sable (N'gaussât)	31
IV.2	Tableau. Paramètres physiques du sable de N' gaussât naturel	32
IV.3	Tableau. Quelques propriétés chimiques du composé de sulfate de fer(II) utilisé	42
IV.4	Tableau. Quelques propriétés chimiques de la chaux utilisée	42
V.2	Tableau. Mesure de la concentration en fer dans l'eau	45
V.3	Tableau. Mesure de la Turbidité dans l'eau	46
V.4	Tableau. Mesure de la Conductivité dans l'eau	47
V.5	Tableau. Mesure de la PH dans l'eau	48

Liste des courbes

Liste des courbes

N°	Titre de courbes	Page
IV.1	Courbe. Courbe Granulométrique De Sable N'gaussât	30
V.2	Courbe. Une courbe représentant les changements de fer (II) en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.	45
V.3	Courbe. Une courbe représentant les changements de Turbidité en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.	46
V.4	Courbe. Une courbe représentant les changements de conductivité en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.	47
V.5	Courbe. Une courbe représentant les changements de PH en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.	48

SOMMAIRE

Sommaire

N°	Titre	Page
	Dédicace	I
	Remercîments	III
	Listes des figures	IV
	Listes des tableaux	V
	Listes des courbes	VI
	Sommaire	VII
	Introduction général	02
Partie théorique		
Chapitre I : Généralité sur le fer		
I.1	Introduction	05
I.2	Définition de fer	05
I.3	Histoire du fer	05
I.4	Source de fer	06
I.5	Le pourcentage de fer dans l'eau	07
I.6	L'importance du fer pour le corps humain	08
I.6.1	Traitement de l'anémie	08
I.6.2	Amélioration de la production d'hémoglobine	08
I.6.3	Réduire la sensation de fatigue	08
I.6.4	Augmentation de la force musculaire	08
I.6.5	Réduire l'effet des ecchymoses	08
I.6.6	Utilisation efficace de l'énergie dans le corps	08
I.6.7	Traitement du syndrome des jambes sans repos	09
I.6.8	Synthèse des neurotransmetteurs	09
I.7	Besoins quotidiens en fer	09
I.8	Propriétés du fer	10
I.8.1	Propriétés physiques	10
I.8.2	Propriétés chimiques	10

SOMMAIRE

I.8.3	Propriétés mécaniques	10
I.9	Conclusion	11
Chapitre II: Les méthodes des déferrisation des eaux		
II.1	Introduction	13
II.2	États naturels du fer	13
II.3	Procédés d'élimination du fer	13
II.3.1	Oxydation	13
II.3.1.1	Définition historique de l'oxydation impliquant l'oxygène	14
II.3.1.2	L'oxydation chimique	14
II.3.2	La coagulation-floculation	15
II.3.3	L'adsorption	15
II.3.4	Procédés membranaire	16
II.3.4.1	Osmose inverse	16
II.3.4.2	Electrodialyse	17
II.3.5	Déferrisation avec décantation	17
II.3.6	Déferrisation par filtration sur sable	18
II.3.7	L'échange d'ions	19
II.4	Conclusion	19
Chapitre III : Généralité sur la filtration		
III.1	Introduction	21
III.2	Définition du filtration	21
III.3	Média filtrant	21
III.3.1	Volume de solide	21
III.3.2	Degré de purification requis	21
III.3.3	Période d'exploitation	22
III.3.4	Laver et rafraîchir	22
III.3.5	le coût	22
III.3.6	Techniques mixtes	22
III.4	Types de filtres	22
III.4.1	Filtres lents à sable	23
III.4.2	Filtres à sable rapides	23
III.4.3	Filtres sous pression	24
III.5	Mécanisme de filtrage	25

SOMMAIRE

III.6	Avantages de la filtration	25
III.7	Inconvénients de la filtration	25
III.8	Conclusion	26
Partie Pratique		
Chapitre IV : Etude granulométrique et matérielle utilisé		
IV.1	Introduction	29
IV.2	Les analyses granulométrie	29
IV.2.1	Caractérisation granulométrique des sables	30
IV.3	Principales caractéristiques physiques des matériaux filtrants	31
IV.3.1	Diamètres effectifs	31
IV.3.2	Coefficient d'uniformité Cu	31
IV.3.3	Coefficient de courbure Cc	32
IV.3.4	Paramètres physiques du matériau choisi	32
IV.4	Matériels utilisés	32
IV.5	Matériaux Utilisé	36
IV.6	Appareils utilisés	39
IV.7	Méthodologie expérimentale	41
IV.7.1	Préparation de la solution mère (solution de fer (II))	41
IV.7.2	Préparer la solution de chaux	42
IV.7.3	Mode Opérateur	42
IV.8	Conclusion	43
Chapitre V :Résultats et discussions		
V.1	Introduction	45
V.2	Mesure de la concentration en fer dans l'eau	45
V.3	Mesure de la Turbidité dans l'eau	46
V.4	Mesure de la Conductivité dans l'eau	47
V.5	Mesure de la PH dans l'eau	48
V.6	Conclusion	49
Conclusion général		51
Références Bibliographiques		53
Résumé		



Introduction Général

Introduction Général :

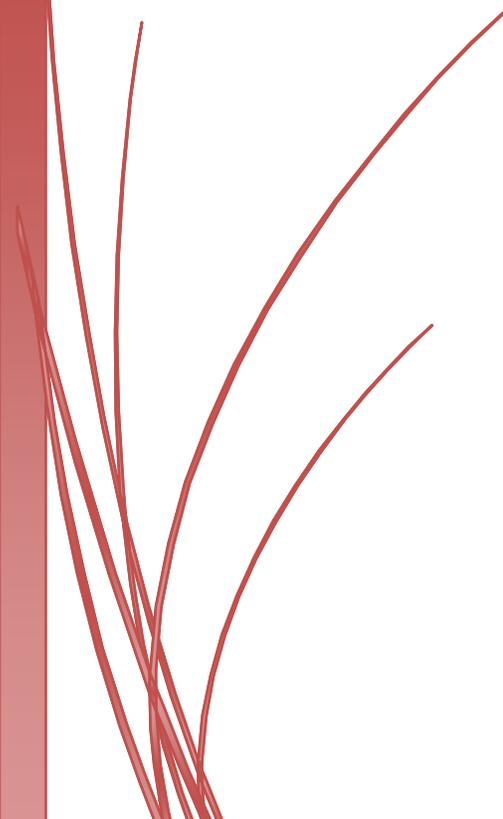
La sécurité de l'eau potable est un problème important dans le monde entier. Certaines substances présentes dans l'eau peuvent altérer ses propriétés organoleptiques et esthétiques, par exemple les sels de fer. Ces sels se trouvent dans de nombreuses eaux douces, mais ils peuvent également être présents en raison de la pollution des sols. L'excès de fer dans l'eau potable provoque plusieurs problèmes, notamment : le goût, l'odeur, une turbidité élevée et d'innombrables autres problèmes de santé humaine. Par conséquent, l'Organisation mondiale de la santé a fixé une valeur indicative de 0,3 mg/l pour le fer comme concentration maximale dans la boisson. De nombreux pays ont adopté cette valeur dans les normes nationales de qualité de l'eau potable. Pour se débarrasser du fer il existe plusieurs méthodes dont : l'oxydation à l'ozone, la filtration, la sédimentation, l'aération... [1]

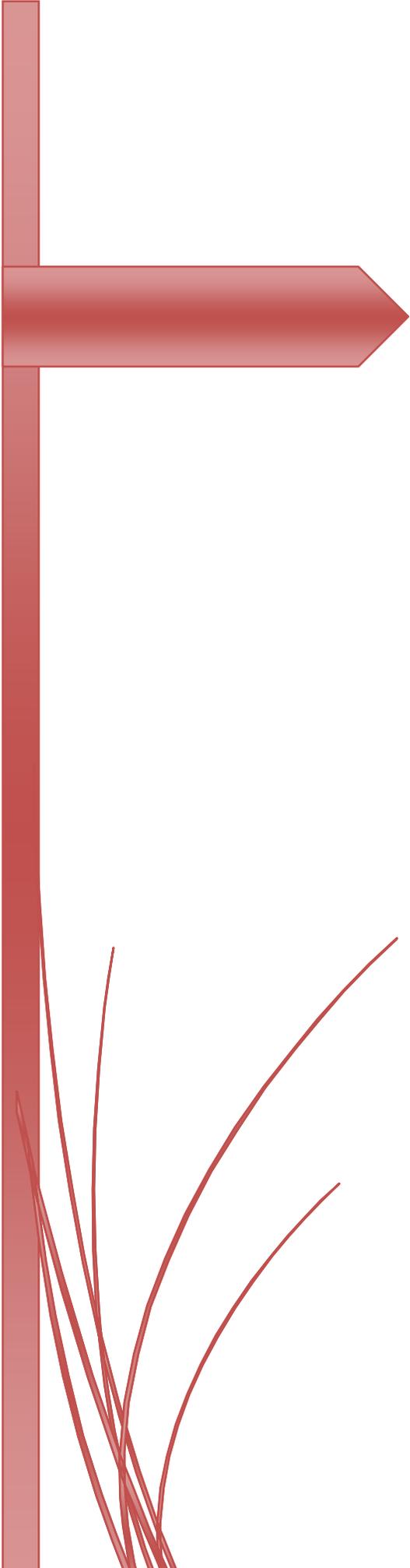
Sur la base de ce que nous avons évoqué précédemment, nous aborderons la réalisation de notre modeste ouvrage dans lequel nous aborderons la problématique du traitement de l'eau par élimination des minéraux de fer par la méthode de filtration sur sable, et nous avons divisé notre travail en cinq chapitres :

- Le premier chapitre traite généralité sur le fer.
- Le deuxième chapitre définit les méthodes de déferrisation des eaux.
- Alors que nous traitons dans le troisième chapitre des généralités sur la filtration.
- Le quatrième chapitre présente l'étude granulométrique et matérielle utilise.
- Comme pour le cinquième chapitre, nous analysons et discutons les résultats.



Partie Théorique





Chapitre I : Généralité sur le fer

I.1.Introduction:

Le fer est un des métaux les plus abondants de l'écorce terrestre. On le rencontre donc naturellement dans les eaux sous forme soluble comme le fer ferreux (fer bivalent existant) sous forme dissoute $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ou sous forme complexé comme le fer ferrique (fer trivalent) : Fe rencontré à l'état précipité $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

I.2.Définition de fer :

C'est un élément chimique métallique, trouvé dans le huitième groupe du tableau périodique, et c'est le métal le plus largement utilisé, et il est le métal le plus abondant, et c'est un solide cassant substance, le fer sous sa forme pure s'érode rapidement lorsqu'il est exposé à de l'air humide et à des températures élevées. qui est l'un des composants de l'hémoglobine dans le sang, qui est la protéine dans le sang, qui sert à transporter l'oxygène des poumons vers les tissus du corps.[2]

I.3.Histoire du fer :

Le fer est l'un des métaux les plus anciens découverts. Il a été utilisé par l'homme dans l'Antiquité en l'an 4000 avant J.-C. Il a été utilisé dans les civilisations anciennes telles que les pharaons et les sumériens à des fins ornementales. Il préserve également l'équilibre de la terre car le fer est le métal le plus stable et le plus dense puisque sa densité atteint $7,874 \text{ g/cm}^3$, La dureté du fer métallique varie entre 3 et 5 sur l'échelle de Moho, et c'est un métal doux au toucher qui est ductile et ductile et à des températures normales, il se magnétise facilement et lorsque le fer chauffe, le processus de magnétisation devient difficile, et lorsque la température atteint 790°C , la propriété de magnétisation disparaît et le fer est l'un des éléments métalliques de transition qui tombent Dans le groupe 8 du tableau périodique, le numéro atomique 26, la Masse atomique de 55.845 U et une gravité spécifique de 7.86 N/Kg, le fer fond à un température de 1535°C , et bout à une température de 2750°C , et la science n'a pas atteint les avantages du fer jusqu'au début des années soixante, et les anciens Égyptiens ont été les premiers à utiliser du fer météorique, car des outils faits de ce fer ont été trouvés datant d'environ 3500 av. Le fer n'a été extrait de ses minerais par fusion qu'environ 1200 avant J.-C., et depuis lors, l'industrie du fer a commencé. Une épée de fer a été trouvée dans la région égéenne, datant d'environ 1350 avant

J.C., et le fer pendant des générations était si rare qu'il était considéré comme plus cher que l'or.[3]

I.4.Source de fer :

قال تعالى: ﴿ لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ ۗ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴾ سورة الحديد: 25

Ce verset a toujours intrigué le lecteur, et avec les progrès de la science, il a été découvert que l'énergie nécessaire pour former le fer métallique nécessite plus d'énergie que l'énergie de notre soleil. deux milliards de millions de millions de tonnes = 2,145 x 10²¹, il ne s'est jamais formé sur Terre, pas même dans le système solaire. [4]

Le fer est l'un des métaux les plus anciens découverts par l'homme à la surface de la terre. La croûte terrestre en termes de poids, et une grande partie du noyau terrestre est constituée de fer, et le fer se trouve également dans le soleil et les étoiles, comme les scientifiques ont estimé que le fer était utilisé depuis plus de 5 000 ans, et une étude menée en 2013 a montré que le fer tombait du ciel, en prenant Les scientifiques ont échantillonné des perles de fer égyptiennes anciennes datant d'environ 3200 avant JC et ont découvert qu'elles étaient fabriquées à partir de fer météorites, mais à l'heure actuelle, de nombreuses personnes tirent du fer de l'hématite et de la magnétite, et il peut également provenir de la sidérite, de la taconite et de la limonite, pas le fer que vous connaissez Juste un minéral mais un élément essentiel et important de votre alimentation et sa carence peut vous rendre anémique, vous sentir fatigué et incapable d'effectuer des tâches physiques. Mais tout le fer ne provient pas de météorites. On pense également que l'origine du fer a commencé à partir de un certain type d'étoile connue sous le nom de géante rouge, et le fer en a été formé en convertissant l'hélium Il se transforme en atomes de carbone et d'oxygène, puis ces atomes se transforment en atomes de fer et lorsque tous les atomes de l'étoile deviennent des atomes de fer, l'étoile est appelée supernova puis explose et son explosion propage largement les atomes de fer, d'oxygène et de carbone dans l'univers. [5]

I.5. Le pourcentage de fer dans l'eau:

Le fer est l'un des éléments les plus irritants dans la recharge de l'eau, en particulier des eaux souterraines Et l'eau de pluie, lors de sa transmission à travers les différentes couches de la terre, et lors de son contact avec les éléments du sol, est saturée de quantités de fer, qui sont emmagasinées avec elle dans le sol, où cette eau forme les réservoirs naturels de puits. Bien qu'on le trouve généralement dans l'eau potable, il dépasse rarement 10 mg /L, et ici il faut dire que le fer à partir de 0,3 mg /L donne à l'eau une couleur écarlate (le rouge tend à brunir), et affecte l'eau sur les appareils électroménagers et extensions Tuyaux et robinets sanitaires (robinets) où des taches rouges ou brunes apparaissent d'abord sur eux, puis s'usent dans les étapes ultérieures, entraînant d'énormes pertes financières. [6]

Le fer est présent dans l'eau sous deux formes :

L'ion ferreux Fe^{2+} dissous, qui est de l'eau, a un goût désagréable et inacceptable Ion ferrique insoluble Fe^{3+} . [6]

Le fer ne constitue pas une menace pour la santé humaine s'il se situe dans les proportions normales, qui sont estimées à 0,3 mg /L, et il aide au transfert d'oxygène dans le sang. [6]

Si l'examen prouve la présence de fer dans l'eau en forte proportion, des travaux doivent être effectués pour vérifier sa provenance, qu'elle soit du réseau public ou confinée dans les branchements de la maison, Le plus souvent, il est causé par des dommages aux conduites d'alimentation générales, la cause peut être un faible pH de l'eau, c'est-à-dire son acidité accrue. [6]

L'un des moyens les plus importants de traiter le fer dans l'eau est l'aération puis la filtration par des filtres à sable ou en pompant du chlore dans l'eau et en le dépensant pendant une certaine période pour s'assurer que la réaction requise se produit, puis en filtrant l'eau par des filtres à sable comme bien. [6]

Il existe également des filtres basés sur le principe de l'oxydation puis de la filtration par le sable vert de manganèse et il faut l'installer avec une pompe pour assurer la pression requise, et il existe des unités d'accueil sur la conduite d'eau principale qui adoptent le principe de la cartouche qui peut être remplacé après une période d'utilisation. [6]

I.6.L'importance du fer pour le corps humain:

Le fer présente de nombreux avantages pour le corps humain, notamment :

I.6.1.Traitement de l'anémie : qui est considérée comme l'un des problèmes nutritionnels les plus courants. Elle est également connue sous le nom d'anémie, qui survient lorsque l'hémoglobine est inférieure à son taux normal. Les symptômes de l'anémie comprennent la fatigue, des étourdissements, une accélération du rythme cardiaque, des malaises et des troubles généraux. Par conséquent, la consommation de fer contribue à augmenter le taux d'hémoglobine, traitant ainsi l'anémie. [7]

I.6.2.Amélioration de la production d'hémoglobine: La fonction principale du fer est la formation d'hémoglobine, qui est une protéine rouge dont la fonction principale est de transporter l'oxygène dans le sang. [7]

I.6.3.Réduire la sensation de fatigue : les aliments et les suppléments riches en fer peuvent aider à augmenter les niveaux de fer, soulageant ainsi la fatigue et la fatigue qui peuvent affecter les femmes et les hommes qui souffrent de fatigue pendant plusieurs semaines ou plus en raison de faibles niveaux de fer. [7]

I.6.4.Augmentation de la force musculaire : de faibles niveaux de fer peuvent causer de nombreux problèmes, notamment une perte de force musculaire et de flexibilité, où la faiblesse musculaire est l'un des signes les plus courants d'anémie, en plus de l'inflammation des tissus musculaires, qui provoque une douleur intense, donc la consommation de fer contribue au maintien de la force Soulagement des douleurs musculaires. [7]

I.6.5.Réduire l'effet des ecchymoses : les personnes qui se font facilement et fréquemment des ecchymoses peuvent souffrir d'une carence en fer, car l'hémoglobine affecte la production et la fonction des plaquettes qui contrôlent la coagulation du sang. Par conséquent, la prise de suppléments de fer peut améliorer la production d'hémoglobine et ainsi améliorer la fonction plaquettaire des vaisseaux sanguins et réduire les effets des ecchymoses. [7]

I.6.6.Utilisation efficace de l'énergie dans le corps: Le fer est nécessaire pour transporter l'oxygène vers les muscles et le cerveau, ce qui favorise l'utilisation efficace de l'énergie par le corps, améliorant ainsi les performances mentales et physiques. [7]

I.6.7.Traitement du syndrome des jambes sans repos : qui est causé par une carence en fer. [7]

I.6.8.Synthèse des neurotransmetteurs : Le fer participe activement à la synthèse de plusieurs neurotransmetteurs essentiels tels que la dopamine, la Noradrénaline et la sérotonine, qui jouent un rôle clé dans l'activité des neurones et du cerveau. [7]

I.6.9.Améliorer les performances sportives et le fonctionnement du système immunitaire chez les personnes. [7]

I.7.Besoins quotidiens en fer :

La carence en fer causée par l'anémie ou l'anémie est l'une des maladies courantes de la malnutrition, et cela se produit à la suite d'un manque de fer nécessaire à l'organisme, il est donc important de connaître les quantités dont votre corps a besoin en fonction de votre âge. [8]

La quantité de fer dont le corps a besoin Pour les adultes âgés de 19 à 50 ans, la quantité quotidienne est de:

- 18 milligrammes pour les femmes.
- 27 milligrammes pour les femmes enceintes.
- 9 milligrammes pour les femmes qui allaitent.
- 8 milligrammes pour les hommes. [8]

Les scientifiques expliquent que les femmes ont besoin d'une plus grande quantité pour compenser ce qu'elles perdent pendant le cycle menstruel. Par conséquent, les femmes d'un âge avancé qui arrêtent leurs règles n'ont pas besoin de seulement huit milligrammes par jour. Quant aux enfants, c'est différent selon l'âge. La quantité quotidienne dont ils ont besoin est la suivante:

- 0,27 milligrammes jusqu'à 6 mois.
- 11 milligrammes 7 à 12 mois.
- 7 milligrammes 1 an à 3 ans.
- 10 milligrammes 4 à 8 ans.
- 8 milligrammes 9 à 13 ans.
- 11 milligrammes garçons de 14 à 18 ans.
- 15 milligrammes pour les filles de la début des menstruations jusqu'à 18 ans.[8]

I.8. Propriétés du fer:

Le fer possède de nombreuses propriétés qui le rendent adapté aux applications structurales, mécaniques et autres, et sa capacité à chauffer, fondre et reformuler a contribué à en faire un métal approprié pour une utilisation dans de nombreux domaines. Voici les propriétés physiques, chimiques et mécaniques les plus importantes de fer: [9]

I.8.1. Propriétés physiques : sont les propriétés qui peuvent être mesurées sans modifier la composition interne du matériau, et ces propriétés sont utilisées pour décrire le matériau et le contrôler et sont représentées dans ce qui suit:

- La masse atomique du fer est de 55,845 g/ mol.
- Le point de fusion du fer est de 1535°C.
- La densité du fer est de 7,874 g/ cm³.
- Le point d'ébullition du fer est de 2750 °C.[10]

I.8.2. Propriétés chimiques: Ce sont ces propriétés qui ne sont observées que lorsqu'un changement chimique se produit, ce qui modifie la composition interne de la substance. Il est également utilisé pour décrire le comportement d'une substance en cas d'exposition à certaines substances : acides, air, bases, eau et autres substances Ces propriétés sont les suivantes:

- Le fer réagit avec les acides dilués.
- Le fer réagit également avec les halogènes tels que le brome, le fluor, l'iode, le chlore et il réagit avec le bore, le soufre, le carbone, le silicium et le phosphore.
- Le fer rouille également lorsqu'il est exposé à de l'air humide en présence d'oxygène et de dioxyde de carbone, le composant de la rouille du fer, ou de ce qu'on appelle l'oxyde ferrique hydraté. [10]

I.8.3. Propriétés mécaniques: Ces propriétés qui expliquent comment un matériau réagit lorsqu'il est soumis à une contrainte unilatérale. C'est cette pression dans une direction ou l'exposition au stress, et ces propriétés sont les suivantes:

- **La flexibilité:** C'est la capacité du fer à changer de forme lorsqu'il est exposé à une contrainte externe, en plus de sa capacité à revenir à sa position normale lorsque la contrainte externe est supprimée.

- **La résistance:** C'est la capacité du fer à résister à toutes les contraintes extérieures qui lui tombent dessus sans être soumis à aucune modification ou rupture externe telle que le cisaillement, la pression, la traction.
- **Ductilité:** C'est la capacité de tirer le fer.
- **Traitement thermique:** La capacité du fer à répondre à la plupart des processus de refroidissement et de chauffage exercés sur lui, et ce afin de donner au fer un ensemble de nouvelles propriétés et qualités.
- **La plasticité:** est la possibilité du fer à frapper.
- **Dureté :**La capacité du fer à lutter contre les influences extérieures et sa résistance, comme la corrosion et les rayures.[10]

I.9.Conclusion :

Dans plusieurs eaux naturelles, on a remarqué que le fer trivalent Fe^{3+} , était associé à des substances humiques. Schnitzer (1971) a ainsi estimé qu'une solution à 100 mg/L d'acide fulvique pouvait maintenir en solution 8,4mg/L de Fe^{3+} .

Cette concentration est plus de deux fois supérieure à celle qu'on retrouve dans un solution en équilibre avec l'hydroxydes ferrique (ph=7).On peut donc dire que, en présence des substances humiques les concentrations de fer plus élevée.



Chapitre II: Les méthodes des déferrisation des eaux

II.1. Introduction :

Le réseau d'eau passe par un contrôle rigoureux pour préserver la qualité de l'eau distribuée aux ménages. Bien que l'eau de robinet soit propre à la consommation, cela ne garantit pas qu'elle soit débarrassée entièrement des agents polluants. [11]

II.2. États naturels du fer:

Dans les eaux de surface, le fer se trouve généralement sous forme ferrique et précipitée, souvent associé aux MES ; il est alors éliminé au cours de la clarification. En revanche, on le rencontre sous forme ferreuse dans les couches profondes de certaines réserves d'eaux eutrophisées privées d'oxygène et dans la plupart des eaux souterraines : ce fer réduit Fe(II) est alors dissous et souvent complexé. [12]

II.3. Procédés d'élimination du fer :

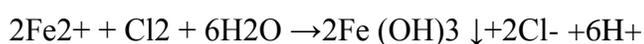
La potabilisation des eaux naturelles contenant du fer impose un traitement spécifique pour abaisser la teneur en Fe^{2+} suivant la norme fixée par l'OMS ($<0,2$ mg/l). Un certain nombre de technologies a été développé pour l'élimination du fer dans les eaux de consommation humaine. La plupart de ces technologies est basée sur les traitements physico- chimiques. Il existe cinq principales méthodes de déferrisation de l'eau : l'oxydation, la coagulation-floculation, l'adsorption, le traitement biologique et la filtration membranaire. [13]

II.3.1. Oxydation: L'oxydation est la perte d'électrons lors de la réaction d'une molécule, d'un atome ou d'un ion. L'oxydation se produit lorsque l'état d'oxydation d'une molécule, d'un atome ou d'un ion augmente. Le processus inverse est appelé réduction, qui se produit lorsqu'il y a un gain d'électrons ou lorsque l'état d'oxydation d'un atome, d'une molécule ou d'un ion est réduit et que plusieurs processus d'oxydation sont utilisés :

➤ L'oxydation par l'oxygène:



➤ L'oxydation par le chlore:



- L'oxydation par le permanganate de potassium:
 $3\text{Fe}^{2+} + \text{KMnO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{MnO}_2\downarrow + \text{K}^+ + 5\text{H}^+$
- L'oxydation par dioxyde de chlore:
 $\text{Fe}^{2+} + \text{ClO}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{ClO}_2\downarrow + 3\text{H}^+$
- L'oxydation par l'ozone.

II.3.1.1. Définition historique de l'oxydation impliquant l'oxygène:

La signification de l'oxydation était la plus ancienne lorsque l'oxygène était ajouté au composé. En effet, l'oxygène gazeux O_2 a été le premier agent oxydant connu. Bien que l'ajout d'oxygène à un composé réponde généralement aux critères de perte d'électrons et d'augmentation de l'état d'oxydation, la définition de l'oxydation a été élargie pour inclure d'autres types de réactions chimiques. [14]

Un exemple classique de l'ancienne définition de l'oxydation est lorsque le fer se combine avec l'oxygène pour former de l'oxyde de fer ou de la rouille. On dit que le fer s'oxyde dans la rouille.

La réaction chimique est : $2\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$. [14]

II.3.1.2. L'oxydation chimique : in situ est une technique physico-chimique de dépollution des eaux souterraines et des sols contaminés par des composés organiques [J 3 981]. Elle consiste à injecter dans la nappe ou le sol des réactifs oxydants, liquides, solides ou gazeux, afin qu'ils réagissent avec les polluants au niveau du panache et/ou de la zone source. Le point déterminant est le contact entre le réactif oxydant et les polluants visés, sachant que les polluants sont partagés entre la phase aqueuse, la matrice poreuse et éventuellement une phase liquide non aqueuse (NAPL). L'oxydation s'adresse à des polluants relativement légers comme les composés chlorés volatils, le benzène, le toluène, les xylènes et à des composés de masse molaire plus élevée, comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques. L'objectif du traitement est de dégrader les polluants en substances moins toxiques ou plus rapidement biodégradables, voire dans le cas d'une oxydation complète, en dioxyde de carbone, eau et éventuellement halogènes. [15].

II.3.2.La coagulation-floculation :Le processus de coagulation et de floculation facilite l'élimination des solides en suspension et des particules colloïdales. Il est utilisé dans l'étape de séparation solide-liquide : flottation ou filtration.

La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales par l'ajout d'un produit chimique réactif appelé coagulant. [16]

Alors que la floculation est l'agglomération de particules instables en petite masse puis en flocons plus gros appelés amas. Un autre réactif appelé floculant ou adjuvant de floculation peut être ajouté pour faciliter la formation de grumeaux. [16]

Les facteurs qui peuvent améliorer la coagulation et la floculation sont la vitesse du gradient, le temps et le pH. Le gradient de temps et de vitesse est important pour augmenter la probabilité de collision entre les particules. Le pH est un facteur très important pour se débarrasser des colloïdes. [16]

II.3.3.L'adsorption: est le phénomène qui consiste en l'accumulation d'une substance à l'interface entre deux phases (gaz-solide, gaz-liquide, liquide-solide, liquide-liquide, solide-solide). Il a son origine dans les forces d'attraction intermoléculaires, de nature et d'intensité variées, qui sont responsables de la cohésion des phases condensées, liquides ou solides. Une molécule attirée inégalement par les autres molécules de deux phases trouvera une position énergétiquement favorable à la surface de la phase qui l'attire le plus ; celle-ci sera appelée l'adsorbant, les molécules ainsi adsorbées constituant l'adsorbat. Si les conditions énergétiques ou cinétiques permettent à la molécule de pénétrer au sein de la phase adsorbant, il y a absorption. [17]

Les cristaux constituent des édifices suffisamment rigides et stables pour que, le plus souvent, les molécules adsorbées ne modifient pas leur structure en surface : on s'intéressera alors surtout aux propriétés des molécules à l'état adsorbé. Par contre, la manifestation essentielle de l'adsorption à la surface des liquides est de modifier leur tension superficielle. Bien que les phénomènes fondamentaux soient les mêmes, l'adsorption se manifeste différemment sur les solides et sur les liquides ; les méthodes d'étude et les domaines d'application sont différents et justifient des traitements distincts. [17]

II.3.4.Procédés membranaire:

II.3.4.1.Osmose inverse: L'osmose inverse utilise des membranes denses qui laissent passer le solvant (l'eau) et arrêtent tous les sels. Cette technique est utilisée pour :

- Le dessalement des eaux de mer.
- Le dessalement des eaux saumâtres.
- La production d'eau ultra pure.
- La concentration de solutions (concentration de jus de fruits par exemple).
- La production d'eau de processus.

Le phénomène d'osmose est un phénomène qui tend à équilibrer la concentration en solutés de part et d'autre d'une membrane semi-perméable. Le phénomène d'osmose est un phénomène naturel courant, notamment à travers les membranes cellulaires. La membrane semi-perméable laissera passer le solvant (le soluté ne passe pas) pour équilibrer la concentration. La différence de concentration crée une pression, appelée Pression osmotique. Pour inverser le passage du solvant et augmenter la différence de concentration, il faut appliquer une pression supérieure à la pression osmotique. [18]

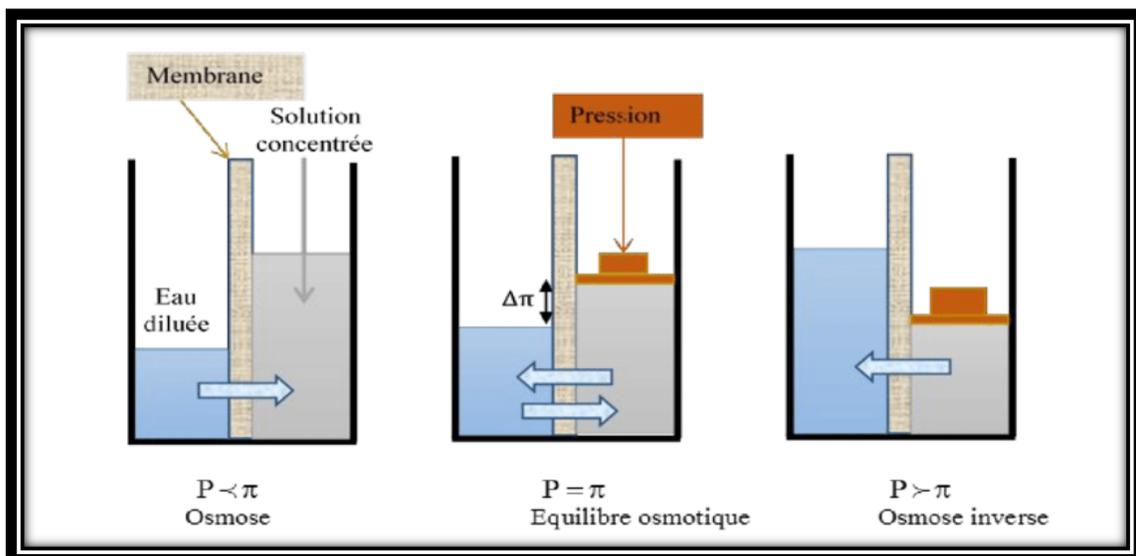


Figure. II.1.Principe de l'osmose inverse[20]

II.3.4.2. Electrolyse:

Le procédé utilise la mobilité des ions d'un électrolyte soumis à un champ électrique. Les anions sont transférés vers l'anode, les cations vers la cathode ; le transfert des charges électriques est effectué par les ions qui se déchargent sur les électrodes. Le dessalement proprement dit est assuré par la mise en place de membranes de deux sortes jouant le rôle de « clapets ioniques », les membranes anioniques, perméables aux anions, et les membranes cationiques, perméables aux cations. Une disposition alternée des deux qualités de membranes permet de former des compartiments de dessalement où la teneur ionique s'appauvrit et des compartiments de concentration recueillant les sels extraits . Les compartiments des extrémités forment un autre espace où se produisent les réactions secondaires propres à l'électrolyse. Pour chaque faraday (96 490 coulombs) traversant l'appareil, il est séparé $N/2$ équivalent-gramme de sel, N étant le nombre total de compartiments autres que ceux qui contiennent les électrodes. [19]

II.3.5. Déferrisation avec décantation :

La construction de ces unités de déferrisation répond à un souci d'amélioration de la qualité de l'eau des forages en éliminant notamment le fer. Un taux élevé de fer dans l'eau est nuisible et peut être à l'origine de l'abandon pur et simple du forage à cause des désagréments engendrés : goût métallique, odeurs putrides, tâches sur les ustensiles, le linge et les aliments, noircissement des ongles, maux de ventre, présence de cristaux dans les urines, brûlures lors de la miction. Les unités de déferrisation sont des dispositifs assez simples garantissant la potabilité de l'eau. [20].

Le CREPA propose deux catégories d'unités : le type A.D.A.F. (Aération - Décantation - Adsorption - Filtration) et celui dit A.F. (Aération - Filtration). L'utilisation de l'une ou l'autre est fonction de la teneur en fer total. Le premier type est fait en parpaings et le second confectionné avec des fûts métalliques. Ces deux procédés d'élimination du fer sont exempts de toute utilisation de produits chimiques. [20].

II.3.6. Déferrisation par filtration sur sable :

La filtration par sable est l'une des méthodes de traitement de l'eau les plus anciennes. Si elle est correctement appliquée, elle permet de produire une eau de grande qualité.

Classiquement, on fait circuler l'eau à travers une couche de sable, de qualité et de granulométrie adéquates, contenue dans un réservoir. La méthode est robuste pour enlever les particules solides en suspension dans l'eau (colloïdes et/ou M.E.S. Matières En Suspension) responsables de sa couleur et de sa turbidité. [21]

Il faut utiliser cette méthode pour filtrer les sédiments des eaux très turbides issues de puisages ou de forages individuels, mais pour l'habitat alimenté en eau de distribution publique, DYNAMIVE préconise plutôt la filtration par cartouches, plus facile à mettre en œuvre, à maintenir et moins coûteuse. [21]

Le Fer dans l'eau ne présente pas de danger pour la santé humaine ni pour l'environnement ; on les rencontre naturellement dans les eaux de captage ou forage du fait de la dissolution des roches et des minerais souterrains (...le Fer est l'un des métaux les plus abondants de l'écorce terrestre). Mais ils sont responsables de désagréments d'ordre esthétiques et organoleptiques :

Présence de Fer dans l'eau

- Coloration de rouille (de marron à rouge-orangé) qui peut tacher le linge et les sanitaires.
- Goût métallique désagréable.
- Risque de corrosion des canalisations dû au développement de micro-organismes (ferrobactéries). [21]

Pour s'en débarrasser on utilise le procédé physique et chimique d'oxydation des ions de fer à l'aide d'un oxydant naturel tel que le dioxyde de manganèse enrichi par filtration sur sable classique. Par oxydation, les ions fer (Fe^{2+}) et manganèse (Mn^{2+}) dissous passent à l'état solide (coagulation >> agglomération >> floculation) et peuvent ainsi précipiter et être filtrés par le sable. [21]

Certains sables enrichis perdent très vite leur pouvoir d'oxydation et on doit alors les régénérer régulièrement avec un oxydant chimique puissant comme le Permanganate de Potassium. C'est le

cas d'un sable naturel comme le "Green-Sand" (sable vert) , le plus anciennement utilisé. Mais cette régénération chimique est souvent très délicate à régler et n'est pas sans danger. [21]

Il existe maintenant des sables préparés et enrichis industriellement, plus "stables" et offrant l'avantage de ne pas nécessiter de régénération régulière. Leur durée de vie est malgré tout de 6 à 8 ans en fonction de l'intensité du traitement. C'est le cas des sables ou de ceux préparés à base de pyrolusite, par exemple. [21]

II.3.7.L'échange d'ions: est une technologie puissante, bien qu'elle ne soit pas connue du grand public Nous allons essayer de décrire l'échange d'ions dans notre rubrique Décrire l'échange d'ions en termes simples. [22]

L'eau contient de petites quantités de corps étrangers. Dans de nombreux cas, ces substances ne posent aucun problème. L'eau potable contenant du sel est plus saine que l'eau très pure. Cependant, pour certaines applications, ces substances sont considérées comme des impuretés et doivent être éliminées. [22]

Les substances insolubles (sable, etc.) peuvent être éliminées par filtration. Il existe de nombreuses techniques de filtration, même l'ultrafiltration qui permet d'éliminer les particules de taille inférieure à un micron. Pour les matières solubles, d'autres techniques sont nécessaires. [22]

Les substances solubles ionisées peuvent être éliminées par échange d'ions. [22]

II.4.Conclusion:

Nous sommes parvenus à la conclusion de ce chapitre et afin d'éliminer le fer, Les technologies qui pourraient être employées pour l'élimination du fer contenu dans l'eau peut être éliminé soit biologiquement, soit à partir d'un traitement physico-chimique. Les principes de base de la déferrisation physico-chimique sont l'oxydation et l'aération. Pendant longtemps, cette technique a été la plus courante.



Chapitre III : Généralité sur la filtration

III.1.Introduction :

La filtration est un procédé destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire. En effet, il subsiste de très petites particules présentes à l'origine dans l'eau brute ou issues de la floculation. La rétention de ces particules se déroule à la surface des grains grâce à des forces physiques. La plus ou moins grande facilité de fixation dépend étroitement des conditions d'exploitation du filtre et du type de matériau utilisé. [23]

III.2. Définition du filtration :

La filtration est le processus de séparation des particules solides en suspension et des particules colloïdales de l'eau, en les faisant passer à travers les pores d'un média filtrant, et est très efficace pour éliminer les particules solides en suspension, les floculant de bactéries, d'algues ou d'autres micro-organismes.

III.3. Média filtrant:

Divers matériaux sont utilisés à des fins de filtration et de filtration, certains d'entre eux sont de sources naturelles, et certains sont de sources industrielles. Le choix des médias filtrants dépend de nombreux facteurs, dont les plus importants sont:

III.3.1.Volume de solide :

Le média filtrant est choisi de sorte que ses pores soient plus petits que la taille des particules solides à éliminer, sachant que plus le diamètre des pores du média filtrant est petit, plus la différence de perte de charge est importante, ce qui provoque le colmatage des pores et les processus de filtration s'arrêtent après un court laps de temps.

III.3.2. Degré de purification requis :

Plus le degré de purification requis est élevé, plus le filtre est efficace.

III.3.3. Période d'exploitation

Il existe des médias filtrants qui peuvent supporter de longues périodes de fonctionnement sans affecter l'efficacité de la filtration, alors qu'il existe d'autres médias qui ne tolèrent pas de longues périodes.

III.3.4. Laver et rafraîchir

Il est nécessaire de choisir des médias filtrants faciles à laver et économiques, en particulier dans les grandes opérations industrielles.

III.3.5. le coût:

Le coût économique est un déterminant majeur du choix des médias filtrants, en particulier dans les unités industrielles qui consomment de grandes quantités de médias filtrants au cours du processus. C'est l'un des médias les plus importants utilisés dans le processus de filtration.

III.3.6. Techniques mixtes:

L'utilisation de plus d'un milieu "mixte" pour la filtration est devenue courante, avec des particules plus grosses et moins denses placées au sommet du remplissage moyen, tandis que des milieux denses plus petits sont placés au bas du remplissage, mélangés en couches qui se chevauchent et avec de l'eau passant de haut en bas, ces milieux mixtes offrent une perméabilité pendant de longues périodes avant qu'un lavage à contre-courant ne soit nécessaire.

III.4. Types de filtres :

Les filtres dépendent de la caractéristique de la gravité, et selon la vitesse de filtration, comme les filtres lents à sable et les filtres rapides à sable selon le type de couche filtrante, et il existe des filtres monocouche ou multicouche selon le sens de filtrage, il existe des filtres dans lesquels le filtrage s'effectue de haut en bas ce qui est du type courant, ou de bas en haut. Il existe des types de filtres à sable appelés «filtres à sable à reflux», où l'eau à traiter entre par le bas du filtre et sort par le haut, et le taux de chargement est deux fois plus rapide que les filtres à sable rapides. Il existe également une filtration sous pression. Où ces filtres sont divisés en :

III.4.1. Filtres lents à sable :

Le filtre lent à sable est considéré comme l'un des premiers types de filtres, mais il n'est plus populaire à l'heure actuelle en raison de sa très lenteur, et du besoin de grandes surfaces de terrain. Bien que les filtres lents à sable nécessitent plus de 30 fois plus de terrain que les filtres à sable rapides, ils présentent plusieurs avantages, notamment :

- Faible coût de construction.
- Vous n'avez pas besoin de produits chimiques pour aider à collecter les sédiments.
- Faible consommation d'énergie ou d'eau car il n'est pas nécessaire d'effectuer des opérations de lavage quotidiennes.
- Il n'y a aucun problème avec l'élimination de l'eau de lavage, car les filtres lents sont nettoyés sur de longues périodes de plusieurs mois sans nécessiter d'opérations de lavage quotidiennes.

III.4.2. Filtres à sable rapides :

Aussi appelés filtres mécaniques, ce sont des bassins rectangulaires en béton qui contiennent généralement différentes couches successives de gravier, de sable et généralement de charbon anthracite. Au fond du bassin, il y a des filtres pour recueillir l'eau du gravier, du sable et généralement du charbon anthracite. Au fond du bassin, il y a des filtres pour collecter l'eau filtrée, et il y a un groupe "Under Drain System" pour collecter l'eau qui est filtrée à travers toutes les parties du filtre, et en même temps il distribue l'eau de lavage à tous pièces du filtre. Ce type de filtre est utilisé dans le cas où les quantités d'eau à filtrer sont importantes, et le filtre rapide est utilisé dans un groupe de traitement intégré qui comprend la sédimentation, la coagulation et la filtration.

Les filtres lents diffèrent des filtres rapides de plusieurs manières, notamment :

- Le taux de filtration des filtres rapides varie entre 100 et 125 m^3/m^2 par jour, tandis que le taux de filtration des filtres lents ne dépasse pas 3-8 m^3/m^2 par jour.
- La méthode de nettoyage des filtres rapides est réalisée par rétro lavage dans un court laps de temps qui ne dépasse pas 10-15 min, tandis que les processus de lavage des filtres lents

sont effectués en éliminant la couche gélatineuse formée à la surface du sable et prend environ deux jours.

- Le coût de construction des filtres rapides est inférieur à celui des filtres lents car ils nécessitent beaucoup moins de terrain que les filtres lents, mais le coût de fonctionnement des filtres rapides est relativement plus élevé que celui des filtres lents

Cependant, les filtres à sable présentent certains problèmes techniques, notamment :

- Des bulles d'air dissoutes dans l'eau se forment à l'intérieur du média filtrant en raison d'une température élevée, ou à cause de l'oxygène libéré par les algues accumulées à l'intérieur du média filtrant, ou en raison de certains problèmes techniques résultant d'une pression du filtre inférieure à la pression atmosphérique. Ces problèmes peuvent être résolus en contrôlant les algues avec l'ajout de chlore, tandis que l'eau peut être saturée d'air et la température à l'intérieur du filtre peut être maintenue.
- Une couche dense se forme à la suite de la collecte et de la formation de quantités de boue "boue" à la surface du filtre, et avec le début du processus de rétro lavage, la boue se précipite sous forme de boules denses au fond du filtre dans le sens du gravier. Ce problème est traité en utilisant un jet d'eau, de la soude caustique et parfois un fort courant d'air.

III.4.3. Filtres sous pression :

Les filtres sous pression sont l'un des types de filtres rapides, qui dépendent du processus de filtration à l'intérieur d'un récipient fermé sous pression, et sont similaires aux filtres gravitaires en ce qu'ils contiennent un média filtrant avec une couche de gravier supportant le média filtrant, avec un système de drainage et la collecte de l'eau filtrée, mais ne contient pas de canaux pour drainer l'eau de lavage. Dans les filtres à pression, des couches de sable et de gravier sont placées à l'intérieur d'un cylindre en acier fermé dans le sens horizontal ou vertical, supportant une pression interne non inférieure à la pression atmosphérique, et l'eau à filtrer entre par le haut et passe à travers les couches de sable et de gravier vers le bas, où les filtres se rassemblent.

III.5. Mécanisme de filtrage :

Lorsque l'on filtre une quantité d'eau des impuretés en suspension, on fait passer cette eau à travers un milieu Poreux, car les particules solides sont réservées à la surface du milieu poreux, tandis que l'eau pure passe des impuretés à travers les pores et au fil du temps une couche d'impuretés se forme à la surface du milieu de filtration, et avec la poursuite de le processus de filtration, cette couche devient un obstacle au passage de l'eau, car elle provoque une augmentation notable de la perte de charge et provoque ainsi une nette diminution du débit d'eau dans les filtres, alors le processus de rétro lavage du lit de sable doit être fait, en pompant l'eau contre le sens de l'écoulement de l'eau pendant le processus de filtration, pendant une certaine période et à une grande vitesse qui permet l'extension du lit de sable, créant une friction entre les grains de sable pour éliminer les impuretés entourant les grains de sable , pour être propre et qualifié pour un nouveau procédé de filtration . [24].

III.6. Avantages de la filtration:

Cette méthode de purification est souvent la plus économique en 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. [25].

Son aptitude à apporter une amélioration simultanée des qualités physiques, chimiques et bactériologiques de l'eau brute représente un avantage considérable par rapport à d'autres techniques : celui d'accéder à une qualité d'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. D'ailleurs, des villes comme Londres et Amsterdam ont toujours eu des stations de filtration lente sur sable. [25].

III.7. Inconvénients de la filtration :

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 tels que des nitrates

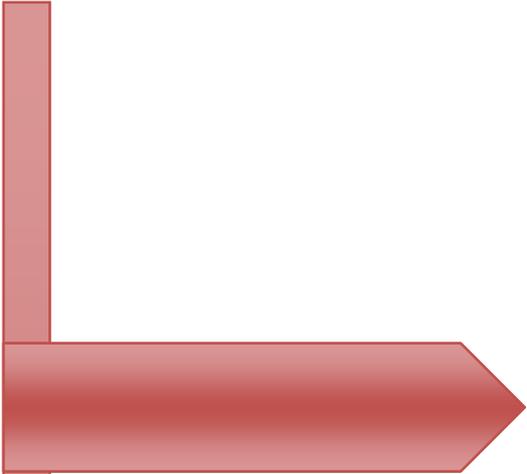
et des phosphates. Bien qu'à strictement parler, elles ne participent pas au mécanisme de filtration, certains types d'algues sont importants au fonctionnement d'un filtre biologique. Ces effets peuvent être bénéfiques ou nuisibles, selon les conditions. Par ailleurs, sous certaines circonstances (climat, 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. [25].

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. [25].

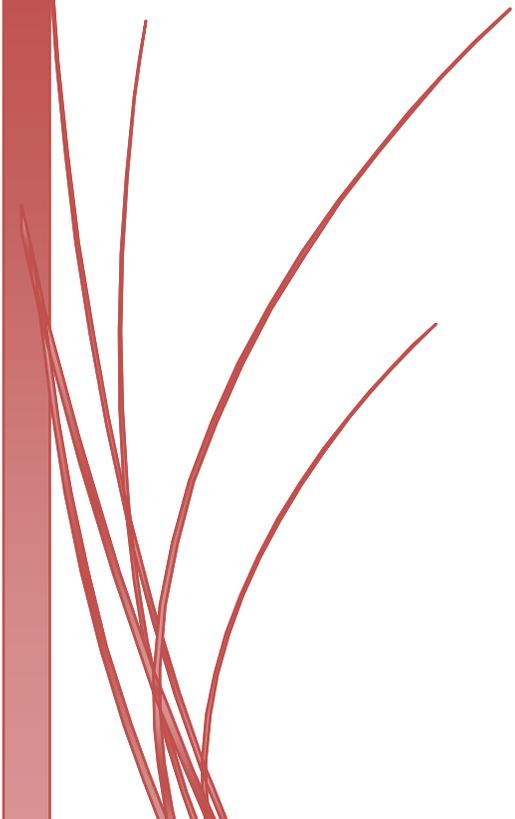
III.8.Conclusion :

Plusieurs méthodes sont utilisées pour traiter l'eau et éliminer l'excès de fer. Dans ce chapitre, nous avons abordé la technique la plus importante pour notre sujet, qui est le filtrage, de sorte que nous avons connu un ensemble d'informations telles que sa définition, ses types, son mécanisme, etc.

La filtration est souvent nécessaire, juste pour des raisons de sécurité et pour obtenir une bonne clarification. Ainsi la chaîne de traitement se termine dans la grande majorité des cas par un filtre, ou plus précisément par une batterie de plusieurs filtres, ce qui permet de maintenir le processus d'installation lorsque le filtre est, quelle qu'en soit la raison. opérer la séparation maximale possible entre l'eau et les différents types de particules en suspension dans l'eau. La séparation se produit dans une masse granuleuse.



Partie Pratique





**Chapitre IV : Etude granulométrique et
matérielle utilisé**

IV.1.Introduction :

Dans cet aspect pratique, il nous a fallu nous rendre sur le lieu de travail, qui est le laboratoire de traitement des eaux à la Faculté des Sciences Appliquées et le Laboratoire du Centre de Recherche Scientifique situé au Pôle Universitaire 3 à l'Université de Ouargla.

Au cours de ce travail, nous avons préparé un ensemble d'expériences à des fins d'étude et utilisé plusieurs dispositifs, outils et matériaux à l'intérieur du laboratoire.

Dans ce chapitre, nous définirons les appareils, outils et matériels utilisés au laboratoire, comment travailler avec eux, et expliquerons le fonctionnement des différentes expériences que nous avons réalisées.

IV.2. Les analyses granulométrie:

C'est une analyse quantitative globale de la fraction minérale du sol ,néglige anti par conséquent les caractéristique qualitatives de nature chimique et minéralogique. Elle est fondée exclusivement sur des critères géométriques. Les particules élémentaire entrant dans la constitution de la fraction minérale sont idéalement caractérisées par leur volume et leur forme, par la texture du sol en tant que critère de diversité .Cette analyse est alors définie par la repartitions numérique des particules élémentaire en fonction de leur forme géométrique. Afin de caractériser les sables, nous avons procédé à l'analyse granulométrique en utilisant les norme AFNOR(NF1996).L'ordre de sa série est comme suite:5; 2.5; 1.60; 1.25; 0.63; 0.315; 0.160; 0.08 mm .[26]

Les résultats de ces analyses sont montrés par la courbe granulométrique suivant:

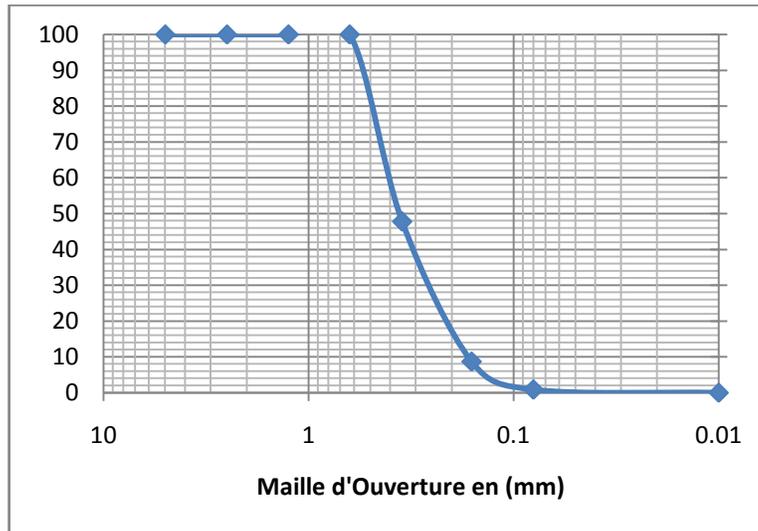


Figure. IV.1. Courbe Granulométrique De Sable N'gaussât

IV.2.1.Caractérisation granulométrique des sables:

Afin de pouvoir caractériser les différents sables, on doit préalablement définir les grandeurs suivantes :

- **R(%)** : Pourcentage refus cumulés:

$$R(\%) = \frac{100 \times R}{M}$$

R : est la masse des refus cumulés

M : la masse de l'échantillon exprimée en kilogramme.

- **Ts (%)** :Pourcentage des tamisât:

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

Les résultats de l'analyse granulométrique du sable N°gaussât représenté par tableau suivant :

Ouverture de la maille (mm)	Masse des refus R (g)	Pourcentage refus R (%)	Pourcentage refus cumulés R (%)	Pourcentage de tamisât Ts (%)
5	0	0	0	100
2.5	0	0	0	100
1.25	0	0	0	100
0.63	0	0	0	100
0.35	99.77	52.27118	52.27118	47.72882
0.16	74.51	39.03704	91.30822	8.69178
0.08	14.99	7.853513	99.16173	0.838267
0.01	1.6	0.838267	100	0
Totale	190.87	100		

Tableau IV.1. Résultats de l'analyse granulométrique du sable (N°gaussât)

IV.3. Principales caractéristiques physiques des matériaux filtrants :

A partir de la courbe granulométrique, nous avons tiré et calculé les paramètres suivants :

IV.3.1. Diamètres effectifs :

d₁₀ : le diamètre effectif correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 10% de la masse d'échantillon.

d₃₀ : le diamètre effectif des particules qui correspond a 30% du passant.

d₆₀ : le diamètre effectif des particules qui correspond à 60% du passant.

IV.3.2. coefficient d'uniformité CU :

Le coefficient d'uniformité permet d'exprimer l'étalement de la courbe granulométrique. Ce paramètre donne une idée sur l'état des grains (uniformes ou variés).

Le CU est le rapport entre le diamètre qui laisse passer 60% des particules et celui qui en laisse passer 10%, soit :

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

$Cu < 2 \Leftrightarrow$ la granulométrie est uniforme (ou serrée).

$Cu > 2 \Leftrightarrow$ la granulométrie est étalée (ou variée).

IV.3.3. Coefficient de courbure Cc :

Le coefficient de courbure permet de décrire la forme de la courbe granulométrique :

$$Cc = d_{30}^2 / (d_{10} * d_{60})$$

IV.3.4. Paramètres physiques du matériau choisi :

En appliquant les différents coefficients ci-dessus aux résultats de la granulométrie, nous obtenons les paramètres physiques consignés dans le tableau IV.2 :

Carrières	d10	d30	d60	CU	Cc	Classement
N° gaussât	0.173	0.269	0.401	2.317	1.05	Granulométrie très serrée

Tableau IV.2. Paramètres physiques du sable de N° gaussât naturel

Le coefficient d'uniformité, représente l'homogénéité de la distribution des diamètres des grains dans l'échantillon. Par convention, la granulométrie est dite étalée si $Cu > 2$, et bien graduée si Cc est comprise entre 1 et 3.

IV.4. Matériels utilisés :

➤ **Bécher:**

est un récipient souvent en verre utilisé pour agiter, mélanger et mélanger des liquides dans les laboratoires de chimie.



Figure. IV.1. Bécher

➤ Baril d'eau:

Permet de mettre (20 litres) d'eau distillée.



Figure. IV.2.Baril d'eau

➤ Cuillère de laboratoire:

Il s'agit d'un outil constitué d'une tige en acier inoxydable à deux extrémités : l'une plate et l'autre courbée. Il est préférable d'utiliser l'extrémité ronde, lors de la collecte des granulés solides de leurs récipients. L'extrémité droite, sert à racler l'intérieur. parois du flacon. Le but de son utilisation est d'éviter de toucher le matériau à la main.



Figure. IV. 3.Cuillère de laboratoire

➤ **Fiole jaugée:**

Flacon en verre semi-sphérique à fond plat et à long col utilisé dans les laboratoires de chimie et de chimie analytique pour la préparation de solutions.



Figure. IV.4. Fiole jaugée

➤ **Bouteille de montre:**

pièce circulaire légèrement concave utilisée par les chimistes comme surface pour évaporer les liquides et déposer les solides.



Figure. IV.5. Bouteille de montre

➤ Entonnoir :

outil constitué d'une section supérieure conique (l'embouchure de l'entonnoir) qui se termine par une section cylindrique étroite. L'utilisation de l'entonnoir facilite le processus de versement de liquides ou de remplissage de granulés de divers matériaux dans des pots et des récipients.



Figure. IV.6. Entonnoir

➤ Fiole Erlenmeyer:

C'est une fiole à fond conique et à col cylindrique très utilisée dans les laboratoires de chimie. Avec un bouchon en caoutchouc, elle est utilisée pour le mélange et le titrage.



Figure. IV.7. Fiole Erlenmeyer

IV.5. Matériaux Utilisé :**➤ L'eau distillée:**

C'est l'eau obtenue après distillation puis condensation, de sorte que les impuretés qui ne peuvent pas passer de l'état liquide à l'état gazeux restent dans le vase d'origine.



Figure. IV.8.L'eau distillée

➤ Sable :

Le sable est l'un des médias les moins chers utilisés dans les processus de filtrage, et il est largement utilisé dans les filtres à sable, où le sable de quartz est utilisé à cette fin. Le sable est utilisé avec différentes épaisseurs allant jusqu'à 700 mm par couche et avec différents diamètres compris entre 0,45 et 0,55 mm .



Figure. IV.9.Sable

➤ **Le gravier:**

est une roche clastique grossière avec un diamètre de grain de plus de 2 mm, avec un remplissage de sable ou de boue.



Figure. IV.10.Gravier

➤ **La chaux:**

est une classe de produits chimiques contenant du calcium. Les plus importantes de ses deux catégories sont la chaux vive ou éteinte et la chaux éteinte résultant de l'action de l'eau sur celle-ci (et sa solution saturée est appelée eau de chaux). Quant à la chaux douce, elle contient des impuretés et ne s'éteint pas facilement.



Figure. IV.11.La chaux

➤ **Le sulfate de fer (II):**

est un composé chimique de formule chimique FeSO_4 .



Figure. IV.12. La sulfate de fer (II)

➤ **Le chlore hydrogène:**

est un composé de formule chimique HCl . C'est un gaz incolore et corrosif à température ambiante, qui se mélange à l'eau humide de l'air et forme des fumées blanches d'acide chlorhydrique ou d'acide chlorhydrique s'il est épais.



Figure. IV.13. Le chlore hydrogène

➤ **Réactif de fer :**

C'est un produit chimique utilisé pour traiter, dissoudre ou séparer le fer métallique.



Figure. IV.14. Réactif de fer

IV.6. Appareils utilisés :**➤ Les tamis :**

Dispositif constitué d'un maillage assez étroit de fils textiles, métalliques ou synthétiques ou d'une surface perforée, tendu sur un cadre et servant à séparer des particules solides de différentes tailles.



Figure. IV.15. Les tamis

➤ Balance électronique sensible :

C'est un appareil mécanique utilisé pour déterminer la masse des objets, et comme la masse varie entre les kilogrammes et les microgrammes, les balances varient entre elles en termes de capacité et d'utilisation. La balance sensible est chère et doit être manipulée avec précision et prudence.



Figure. IV.16. Balance électronique sensible

➤ Agitateur électronique:

C'est un dispositif de mélange constitué principalement d'un aimant tournant par l'action d'un aimant ou d'un autre champ magnétique qui n'est pas connecté à celui-ci. Habituellement, l'un des aimants permanents est relié à un moteur électrique tandis que l'autre tige magnétique est immergée dans le liquide. Lorsque l'aimant inférieur tourne, la tige magnétique immergée dans le liquide est affectée et tente de tourner dans le même sens que l'aimant rotatif sans aucun contact mécanique entre les deux.



Figure. IV.17. Agitateur électronique

➤ Un multi paramètre:

est un appareil connecté à plusieurs capteurs numériques afin de mesurer différents paramètres de : Température (°C) ; Turbidité (en NTU ou FNU) ; Conductivité et PH.

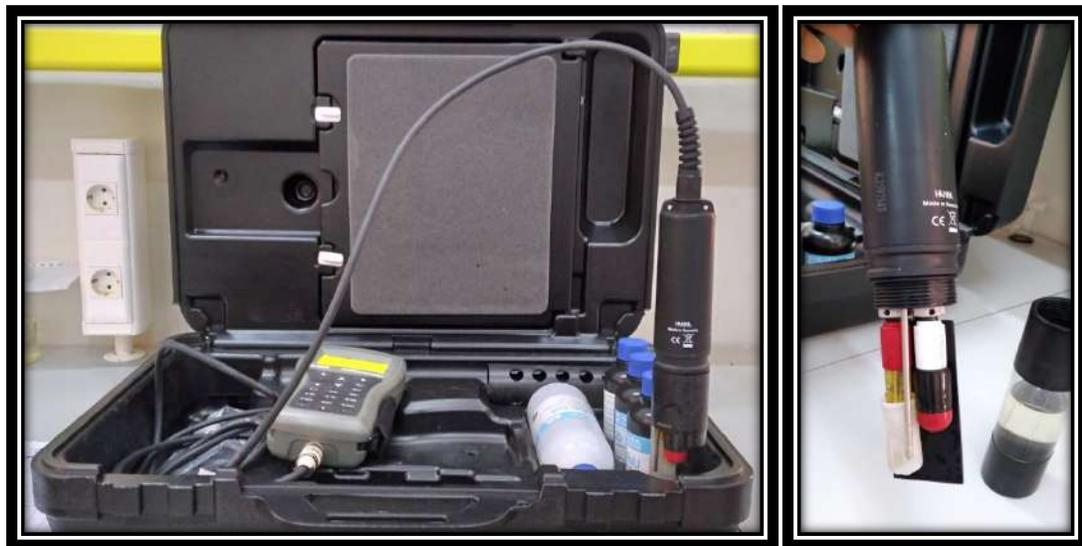


Figure. IV.18. Multi paramètre

➤ Spectrophotomètre DR-6000 :

Le DR6000™ est le spectrophotomètre le plus avancé de l'industrie. Il offre un balayage à grande vitesse des longueurs d'onde sur le spectre UV et visible, et est livré avec plus de 250 méthodes préprogrammées qui incluent les méthodes de test les plus courantes utilisées aujourd'hui. Avec des accessoires en option qui permettent de tester en vrac via un passeur d'échantillons circulaire et une précision accrue avec un système de distribution d'échantillons qui élimine les erreurs de variance visuelle, cet outil vous assure d'être prêt à gérer vos besoins étendus en matière d'analyse de l'eau.



Figure. IV.19. Spectrophotomètre DR-6000

IV.7. Méthodologie expérimentale:**IV.7.1. Préparation de la solution mère (solution de fer (II)):**

Nous prenons un hêtre gradué de 500 ml et le remplissons d'eau distillée, y ajoutons une quantité de 1 gramme de poudre de sulfate de fer (II) et plaçons l'aimant rotatif à l'intérieur et fermez-le hermétiquement pour éviter le processus d'oxydation avec de l'air et pour obtenir des résultats plus précis, puis nous le mettons sur le mélangeur magnétique pendant 3 minutes pour rendre le mélange homogène et bien dissoudre le sulfate de fer (II). Nous en avons pris 170 ml et l'avons mis dans un tonneau (20 L).



Figure. IV.20. Préparation de la solution mère

Formule chimique	Masse Moléculaire	Concentration	Punaise %			
			Fe ²⁺	Pb ²⁺	Cl ⁻	So4 ²⁻
FeSO4.7H2O	278.01	99 %	0.2	0.3	0.3	0.1

Tableau. IV.3. Quelques propriétés chimiques du composé de sulfate de fer(II) utilisé

IV.7.2.Préparer la solution de chaux :

Nous avons préparé la solution de chaux, basée sur la chaux dont les propriétés chimiques sont mentionnées dans Tableau. IV.3, où nous en avons dissous 5 g dans de l'eau distillée d'une valeur de 500 ml, et nous avons fait le processus d'agitation rapide pendant 5 minutes à une vitesse de 200 (tr/min), puis on a réduit la vitesse d'agitation à 60 (tr/min) (agitation faible) pendant 60 minutes, et ceci pour laisser une plus grande marge à la bonne solubilité de la chaux et à sa dissolution dans l'eau, on prend une quantité de la solution mère de la chaux préparée et ceci en fonction de la quantité de chaux à ajouter à la réaction 2000 g, et on prend 100 ml.

Objet	Référence	Concentration	Punaise %			
			Fe ²⁺	Pb ²⁺	Cl ⁻	So4 ²⁻
Pro labo	22296294	97 %	0.03	0.002	0.03	0.05

Tableau. IV.4. Quelques propriétés chimiques de la chaux utilisée

IV.7.3.Mode Opérateur :

- Nous mettons les cailloux à l'intérieur du flacon filtrant, car la longueur des cailloux à l'intérieur de ce flacon doit être de 2 cm.
- Nous mettons le sable sur les galets, car la hauteur du sable change à chaque fois (3/5/7,5/10/12,5/15) cm, et nous fermons hermétiquement cette bouteille avec un baril d'eau de 20 litres.
- Ouvrir le robinet sur le débit 1 et à chaque fois on change de débit où :

$$Q1=0.0068 \text{ l/s} . Q2= 0.021 \text{ l/s} . Q3= 0.033 \text{ l/s} . Q4= 0.043 \text{ l/s} . Q5=0.052 \text{ l/s} . Q6= 0.055 \text{ l/s}$$

- Lorsque la fiole filtrante est pleine, l'eau sort du robinet et on remplit la fiole d'une contenance de 33 cl avec l'eau que l'on a filtrée à travers le sable.

- On prend le flacon de 33cl, et on en verse un peu dans un hêtre pour faire un calcul PH ;
Température ; Turbidité et Conductivité par appareil Multi-paramètre .

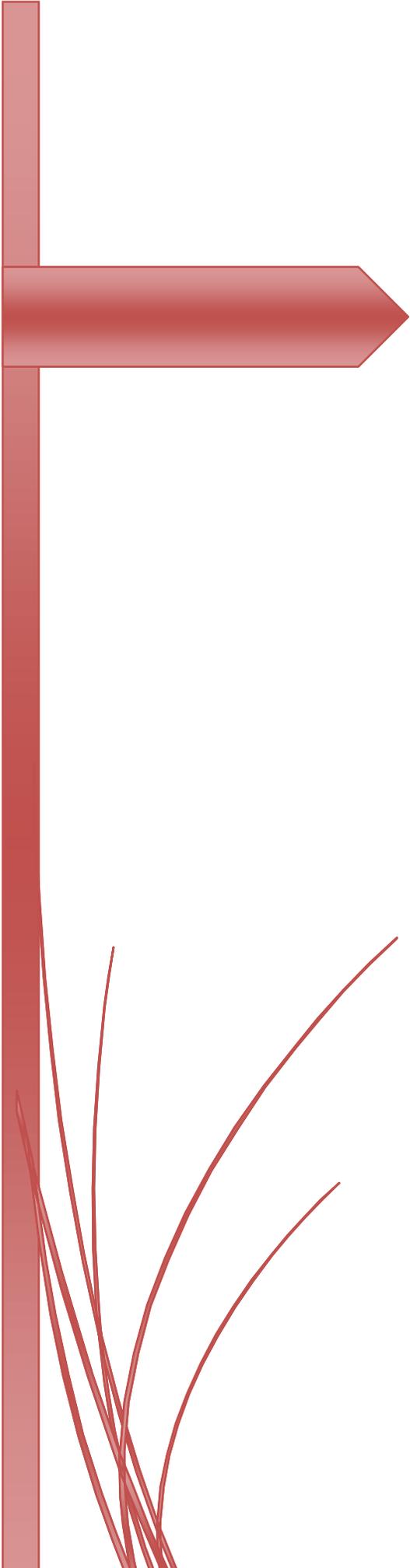
Et le montant restant, nous ajoutons des gouttes de solution Hcl pour éviter l'oxydation.

Le montant restant que nous prenons pour calculer le pourcentage de concentration en fer, et c'est:

- Nous filtrons l'eau avec du papier filtre et versons l'eau filtrée dans la fiole jaugée jusqu'à la limite requise de 25 ml, ajoutons le réactif, fermons hermétiquement la fiole et agitions-la bien manuellement pendant 3 minutes.
- Nous utilisons deux petites bouteilles pour l'appareil, nous remplissons la première bouteille avec de l'eau distillée dans les 10 ml et la deuxième bouteille est remplie de la solution pour connaître la concentration de fer qu'elle contient.
- Après avoir ouvert l'appareil : choisissez le programme de concentration de fer à l'aide du pavé numérique qui apparaît sur l'écran de l'appareil
- Appuyez sur la touche zéro.
- Après quelques secondes, l'instrument affichera la valeur 0 indiquant qu'il est prêt pour la mesure.
- Dans une cuvette jaugée, verser 10 ml de l'échantillon à tester.
- Après l'avoir soigneusement essuyée, placer cette cuvette dans le logement prévu à cet effet en respectant l'ergot d'alignement.
- Appuyez sur la touche Mesurer.
- La valeur de concentration de fer en mg/l est automatiquement affichée sur l'écran de l'appareil spectrophotomètre DR6000.

IV.8.Conclusion :

En conclusion, le but de notre travail est d'améliorer la qualité de l'eau naturelle destinée à la consommation humaine, car nous avons spécifiquement étudié la méthode de déferrisation de l'eau et les problèmes qu'elle engendre en utilisant la chaux. Un moyen très efficace pour donner un meilleur rendement. Dans le prochain et dernier chapitre, nous discuterons et analyserons les résultats obtenus.



Chapitre V : Résultats et discussions

V.1.Introduction :

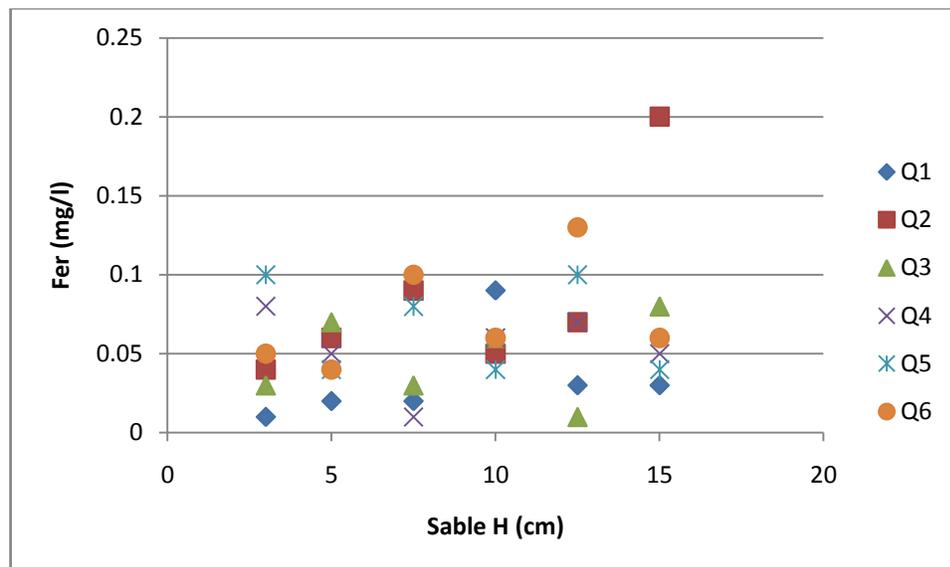
Dans ce chapitre, les résultats expérimentaux obtenus sont présentés et discutés. Ils concernent l'application de procédé d'adsorption le fer. Un type d'eau a été étudiés : une eau synthétique préparée au laboratoire ayant une certaine concentration en fer dissous.

V.2. Le Fer:

H(cm)	Q1=0.0068	Q2=0.021	Q3=0.033	Q4=0.043	Q5=0.052	Q6=0.055
3	0.01	0.04	0.03	0.08	0.1	0.05
5	0.02	0.06	0.07	0.05	0.04	0.04
7.5	0.02	0.09	0.03	0.01	0.08	0.1
10	0.09	0.05	0.06	0.06	0.04	0.06
12.5	0.03	0.07	0.01	0.07	0.1	0.13
15	0.03	0.02	0.08	0.05	0.04	0.06

Tableau. V.2. Mesure de la concentration en fer dans l'eau

Les résultats de l'expérience consignés dans le tableau ci-dessus se traduisent par la courbe suivante :



Courbe. V.2. Une courbe représentant les changements de fer (II) en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.

➤ Analyse et Discussion :

A travers la courbe qui représente les variations des valeurs de fer en fonction de la hauteur de sable et de débit, on remarque que les valeurs de fer changent de 0.01 (mg/l) comme valeur la

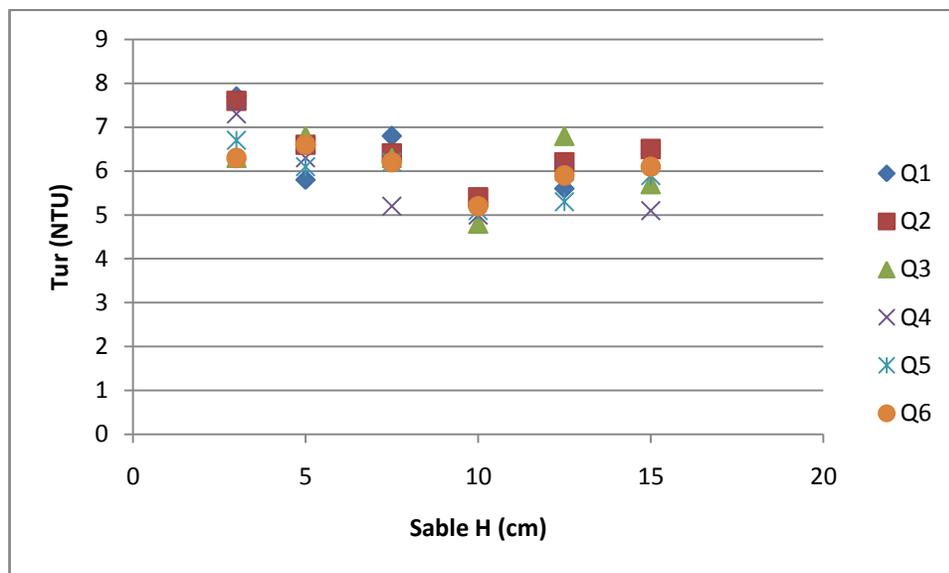
plus basse et 0.13 (mg/l) comme la plus grande valeur. Cela est dû à l'oxydation du fer Fe^{+2} et à son dépôt sous forme $Fe(OH)_{3(s)}$

V.3.La Turbidité :

H(cm)	Q1=0.0068	Q2=0.021	Q3=0.033	Q4=0.043	Q5=0.052	Q6=0.055
3	7.7	7.6	6.3	7.3	6.7	6.3
5	5.8	6.6	6.8	6.3	6.1	6.6
7.5	6.8	6.4	6.3	5.2	6.2	6.2
10	5.2	5.4	4.8	5	5.1	5.2
12.5	5.6	6.2	6.8	6	5.3	5.9
15	6.4	6.5	5.7	5.1	5.9	6.1

Tableau. V.3.Mesure de la Turbidité dans l'eau

Les résultats de l'expérience consignés dans le tableau ci-dessus se traduisent par la courbe suivante :



Courbe. V.3. Une courbe représentant les changements de Turbidité en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.

➤ **Analyse et Discussion:**

Selon la courbe V.3, qui représente la variance de la turbidité en fonction du débit et de l'épaisseur de la couche sableuse, une fluctuation de la diminution de la valeur de la turbidité a été observée, et ce après ajout de chaux à intervalles rapprochés.

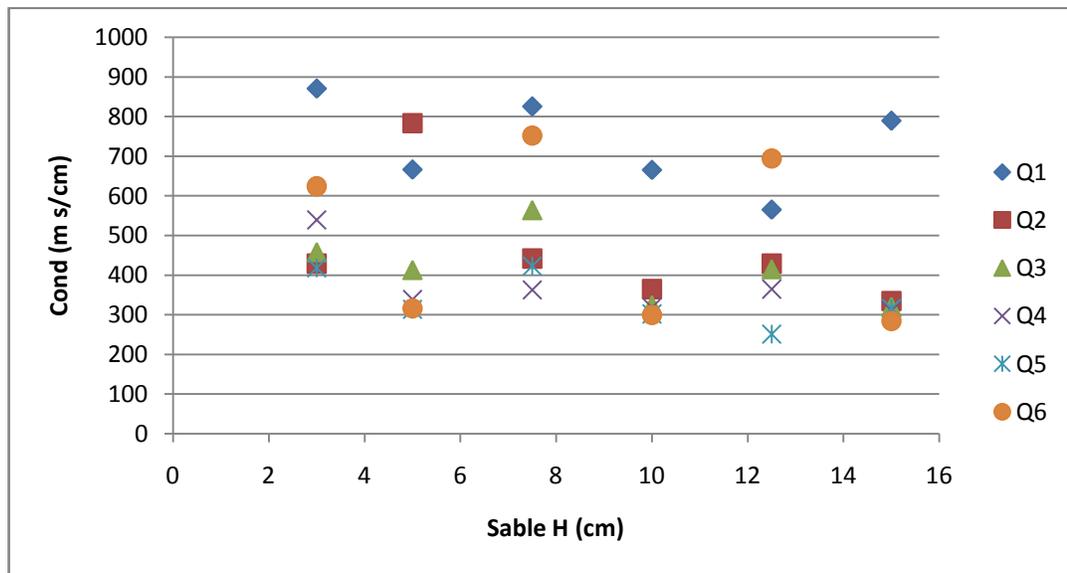
Les valeurs de turbidité varient entre 5,1 à 7,7 et dépassent 5 NTU (valeur OMS), dans le sable (H) valeur égale à 10 cm et Q3 égal à 0,033 et turbidité acceptable égale à 4,8.

V.4. La Conductivité :

H(cm)	Q1=0.0068	Q2=0.021	Q3=0.033	Q4=0.043	Q5=0.052	Q6=0.055
3	870	429	458	539	418	624
5	666	783	413	339	314	316
7.5	825	442	564	363	423	752
10	665	365	324	319	302	299
12.5	565	429	415	365	251	694
15	789	335	320	311	316	284

Tableau. V.4. Mesure de la Conductivité dans l'eau

Les résultats de l'expérience consignés dans le tableau ci-dessus se traduisent par la courbe suivante :



Courbe. V.4. Une courbe représentant les changements de conductivité en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.

➤ **Analyse et Discussion :**

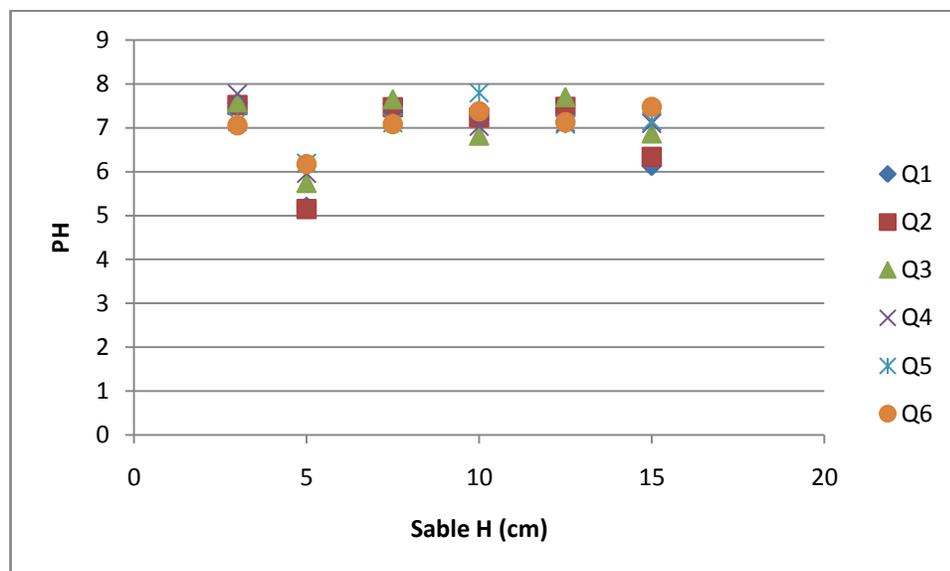
A travers la courbe V.4 qui représente le changement de conductivité en fonction de la hauteur de sable et de débit, On note l'augmentation de la valeur de conductivité électrique immédiatement après l'ajout de chaux, puis elle commence à diminuer progressivement dans toutes les couches de sable et avec le changement des valeurs de débit, Ce changement s'explique par l'ajout de chaux ainsi que la salinité du sable utilisé.

V.5. Le PH :

H(cm)	Q1=0.0068	Q2=0.021	Q3=0.033	Q4=0.043	Q5=0.052	Q6=0.055
3	7.57	7.52	7.58	7.77	7.14	7.05
5	5.20	5.15	5.74	5.96	6.19	6.17
7.5	7.56	7.47	7.65	7.20	7.11	7.08
10	7.19	7.24	6.82	7.03	7.79	7.37
12.5	7.52	7.48	7.70	7.12	7.08	7.12
15	6.13	6.34	6.87	7.10	7.15	7.47

Tableau. V.5. Mesure de la PH dans l'eau

Les résultats de l'expérience consignés dans le tableau ci-dessus se traduisent par la courbe suivante :



Courbe. V.5. Une courbe représentant les changements de PH en termes de changement de Débit et de hauteur de sable.

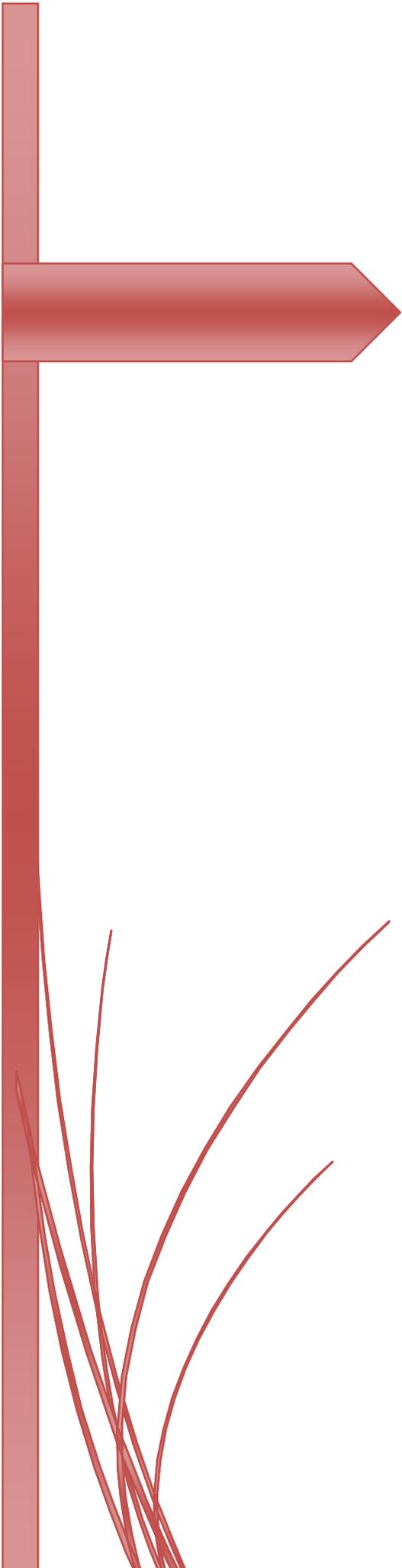
➤ **Analyse et Discussion :**

A travers les résultats obtenus et la courbe V.5 nous enregistrons une augmentation des valeurs des PH avant le processus de filtration sur sable, et c'est à ce moment que la chaux est ajoutée directement pour atteindre le pH est égale 9.8 et dépasse la valeur l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et cela est dû à la présence d'ions hydrogène (H^+).

Les valeurs de PH varie entre 5.15 à 7.77 en fonction des valeurs de débit et de l'épaisseur de la couche de sable dans le filtre. Et la plupart des valeurs obtenues sont dans l'intervalle de (6.5 – 8.5) selon l'Organisation mondiale de la santé.

V.6.Conclusion :

A travers les résultats obtenus, nous avons constaté que la valeur de la concentration en fer dans les échantillons dépasse les normes de l'OMS qui spécifient une concentration maximale (MAC) de 0,2 mg/L de fer, afin de la réduire. Nous avons utilisé un traitement au chaux où notre travail peut être considéré comme une contribution à la résolution d'un des problèmes environnementaux, qui est la présence de trop de fer dans l'eau, les eaux usées non traitées se retrouvent dans la nature.



Conclusion Général

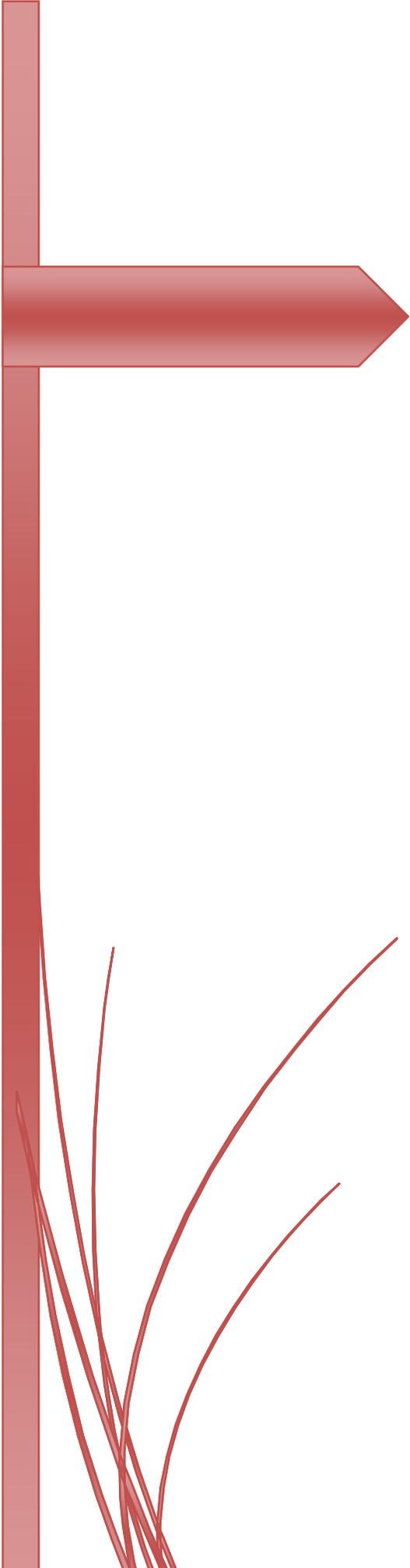
Conclusion Général

Conclusion général :

Le fer est présent dans l'eau en différentes quantités en fonction des formations géologiques de la zone et des composants chimiques de la voie navigable, lorsqu'il dépasse la limite autorisée, il cause des problèmes dans l'eau car il affecte la capacité de boire de l'eau, un goût métallique apparaît dans l'eau, change la couleur de l'eau et forme des composés organiques complexes, cet élément n'est pas souhaitable pour la réglementation Européen. Concernant la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, qui détermine la concentration maximale (CMA pour concentration maximale admissible) de 0,2 mg /l de fer.

Pour le traitement de l'eau, le fer en est éliminé par oxydation avec plusieurs facteurs qui conduisent à l'oxydation du fer (II) du fer (III) pour faciliter son élimination, et par des méthodes d'oxydation oxydation du chaux , et afin d'obtenir un meilleur traitement à travers lequel nous peut fournir de l'eau pure et sûre aux humains.

Les résultats obtenus ont montré que la concentration de fer. Après chaque étape de traitement, la concentration a été diminuée de PH (Les valeurs de PH varie enter 5.15 à 7.77 en fonction des valeurs de débit 3 et de l'épaisseur de la couche de sable H = 10 cm dans le filtre. Et la plupart des valeurs obtenues sont dans le l'intervalle de (6.5 – 8.5) selon l'OMS) ; Turbidité (Les valeurs de turbidité sont variés enter 5.1 à 7.7et dépasser 5 NTU (la valeur de l'OMS), dans la valeur de Hauteur de sable égale 10 cm et Q₃ égale 0.033 la turbidité est acceptable égale 4.8) et la Conductivité (puis elle commence à diminuer progressivement dans toutes les couches de sable surtout H = 10 cm et avec le changement des valeurs de débit (Q₃)). Par conséquent, après ces résultats, nous concluons que l'oxydation avec le chaux a une grande efficacité pour éliminer le fer.



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références en arabe:

- [1]: مذكرة شهادة الماستر رزوق سمية "إزالة الحديد من محلول باستخدام الكربون النشط التجاري " قاصدي مرباح ورقلة 2019 /2020.مقدمة عامة صفحة أ.
- [2]: إبراهيم أبو غزالة (7 ماي 2018) . الكيمياء. ماهو عنصر الحديد. تم الإطلاع عليه في 2022/02/13
رابط الموقع : <https://mawdoo3.com/>
- [3]: أحمد محمد أشكناني.(18 ماي 2011). الحديد معدن من السماء. تم الإطلاع عليه في 2022/02/13
رابط الموقع : <http://www.beatona.net/ar/knowledge-hub/article/content-40148>
- [4]: ضحى إسماعيل 2. أبريل 2015. منوعات عن الطبيعة.من أين يأتي الحديد. تم الإطلاع عليه في 2022/02/13
رابط الموقع : <https://mawdoo3.com/>
- [5]: ديمة رواشدة. ميريه الجراح.(16 ديسمبر 2020).سؤال وجواب من أين يأتي الحديد. تم الإطلاع عليه في 2022/02/13
رابط الموقع: <https://hyatok.com>
- [6]: تالا مجبور.(19 أكتوبر 2016).الحديد في المياه الأسباب والمعالجة. تم الإطلاع عليه 2022/02/13
رابط الموقع : <https://www.annajah.net -article-5696>
- [7]. أهمية الحديد لجسم الإنسان.(من دون تاريخ النشر).تم الإطلاع عليه في 2022/02/14. رابط الموقع : <https://altibbi.com/>
- [8].(1 نوفمبر 2020).حسب عمرك كم يحتاج جسمك من الحديد يوميا ؟ كمية الحديد التي يحتاجها الجسم. تم الإطلاع عليه في 2022/02/14.رابط الموقع : <https://www.elconsolto.com/news/health-news/details/>
- [9].وسام درويش.(31 أغسطس 2020).علوم .معلومات وخصائص علمية/خصائص الحديد.تم الإطلاع عليه في 2022/02/14. رابط الموقع : <https://sotor.com/%>

Références Bibliographiques

[10]. شيماء الزناتي. (3 أكتوبر 2021). تغذية / ماهي خواص الحديد. تم الإطلاع عليه في 2022/02/15
رابط الموقع : <https://mqaall.com/properties-iron/>

[14]. Helmenstine. أن ماري. دوكتوراه (من دون تاريخ نشر). تعريف الأكسدة ومثال في الكيمياء/
التعريف التاريخي للأكسدة التي تنطوي على الأكسجين. تم الإطلاع عليه في 2022/02/15. رابط الموقع :
<https://eferrit.com/%>

[24]. Helmenstine. أن ماري. دوكتوراه (من دون تاريخ نشر). تعريف الترشيح والعمليات (الكيمياء).
تعريف الترشيح. تم الإطلاع عليه في 2022/02/21. رابط الموقع :

<https://eferrit.com/%>

Références en français:

[11]: traitement de l'eau /Les différentes méthodes de traitement de l'eau et leurs particularités. Consulté le 15/02/2022. Lien de site Web:

<http://www.une-eau-pure.com/differentes-methodes-de-traitement-de-leau-leurs-particularites/>

[12]: Elimination du fer / états naturels du fer . consulté le 15/02/2022. Lien de site web : <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/traitement-des-eaux-potables/traitements-specifiques/elimination-du-fer>

[13]: Mémoire de Master professionnel, pour les étudiants halimi noussiba et drik tassadit. "Elimination de fer par adsorption sur charbon actif préparé à base de noyaux des dattes". Université Kasdi Merbah Ouargla. 2019/2020 . Procédés d'élimination du fer page 12

Références Bibliographiques

- [15]: Marie-Odile SIMONNOT, Véronique CROZE. (10 Septembre 2012). Traitement des sols et nappes par oxydation chimique in situ/ introduction. consulté le 16/02/2022. Lien de site web : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/gestion-des-sites-et-sols-pollues-42440210/traitement-des-sols-et-nappes-par-oxydation-chimique-in-situ-j3983/>
- [16]: Coagulation-floculation. Consulté le 16/02/2022. Lien de site web : <https://www.lenntech.fr/bibliotheque/coagulation/coagulation-floculation.htm>
- [17]: adsorption. consulté le 16/02/2022. Lien de site web : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/adsorption/>
- [18]: Dr Mehdi METAICHE Maître de Conférences. "technologie membranaire". Université de Bouira. Juin 2014. Procédés membranaire. Osmose inverse page 11.
- [19]: EAU. Dessalement de l'eau de mer. l'électrodialyse a membranes sélectives. Consulté le 18/02/2022. Lien de site web : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/eau-dessalement-de-l-eau-de-mer/4-l-electrodialyse-a-membranes-selectives/#V070789C>
- [20]: Unite déferrisation. Introduction. Consulté le 19/02/2022. Lien de site web : <https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/TraitementPotable/1deferrisation.htm>
- [21]: La filtration sur sable – déferrisation & démanganisation. Elimination du fer. consulté le 19/02/2022. Lien de site web : <http://www.dynavive.eu/TrtClassiques/Filtration/Filtration-Sable.html>

Références Bibliographiques

[22]: Les bases de l'échange d'ions/ introduction . l'échange d'ions: impuretés de l'eau. Consulté le 20/02/2022. Lien de site web : http://dardel.info/IX/IX_Intro_FR.html

[23]: Diplôme de Doctorat 3ème cycle. BADLIS Zakaria." Filtration biologique sur sable de dunes : essai de caractérisation de matériau filtrant en vue d'une réutilisation." Université Kasdi Merbah Ouargla. Généralités Sur La Filtration page 6.

[25]:Filtration lente sur sable: présentation générale. Avantages/Inconvénient. Consulté le 24/02/2022. Lien de site web <https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/TraitementPotable/1FiltrationLentePG1.htm>

[26]:Cycle post grade :géologie appliquée à l'ingénierie et à l'environnement Mechaldysli Ecole poly tech Lausanne 1997

Summary :

Iron is the second most abundant metal on Earth. Several treatment methods have been developed, the most widely used being chemical oxidation by oxidants such as chlorine and potassium permanganate and biological treatment.

This research aims to identify how iron is removed from water using lime oxidation and sand filtration techniques.

Whereas in previous research, particularly in lime oxidation, we found that lime produced higher PH values and more turbidity values than those recommended by the World Health Organization.

In this work, we remove iron by lime oxidation with sand filtration, to determine the appropriate sand layer thickness and flux to reduce the pH value and turbidity to permissible values.

Key words: iron, oxidation, lime, pH, conductivity, turbidity, filtration.

ملخص :

الحديد هو ثاني أكثر المعادن وفرة على وجه الأرض. تم تطوير العديد من طرق العلاج ، وأكثرها استخدامًا هو الأكسدة الكيميائية بواسطة المؤكسدات مثل الكلور وبرمنجنات البوتاسيوم والمعالجة البيولوجية.

يهدف هذا البحث لدراسة كيفية نزع الحديد من الماء باستخدام تقنيتي الأكسدة بالجير والترشيح الرملي وقد اعتمدنا في ذلك على أهم مادتين هما الجير والرمل.

بينما في الأبحاث السابقة ، خاصةً في الأكسدة بالجير ، وجدنا أن الجير ينتج قيم الأس وقيم العكارة عالية من تلك الموصى بها من طرف المنظمة العالمية PH الهيدروجيني للصحة.

في إطار هذا العمل ، قمنا بإزالة الحديد عن طريق الأكسدة بالجير مع الترشيح بالرمل ، لتحديد سمك الطبقة الرملية و التدفق المناسبين لتقليل قيمة الأس الهيدروجيني والعكارة إلى القيم المسموح بها.

الكلمات المفتاحية: الحديد ، الأكسدة ، الجير ، الأس الهيدروجيني ، الموصلية ، العكارة ، الترشيح .

Résumé

Résumé :

Le fer est le deuxième métal le plus abondant sur Terre. Plusieurs méthodes de traitement ont été développées, les plus utilisées étant l'oxydation chimique par des oxydants tels que le chlore et le permanganate de potassium et le traitement biologique.

Cette recherche vise à étudier comment éliminer le fer de l'eau en utilisant des techniques d'oxydation à la chaux et de filtration sur sable.

Alors que dans des recherches antérieures, notamment en oxydation de la chaux, nous avons constaté que la chaux produisait des valeurs de PH et des valeurs de turbidité supérieures à celles recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Dans le cadre de ce travail, nous avons éliminé le fer par oxydation à la chaux avec filtration sur sable, afin de déterminer l'épaisseur et le flux de couche de sable appropriés pour réduire la valeur du pH et la turbidité aux valeurs admissibles.

Mots clés : fer, oxydation, chaux, pH, conductivité, turbidité, filtration.