



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Abdelhamid Ibn Badis University - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم هندسة الطرائق
Process Engineering Department of



Department of Process Engineering

قسم هندسة الطرائق

The Date

التاريخ :

Ref :...../U.M/F.S.T/2023

رقم :..... / ج.م.ك.ع.ت//2023

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie des procédés de l'environnement

Option: Génie des procédés de l'environnement

Thème

**Elimination des ions d'ammonium dans l'eau
potable par le Chlore en fonction de pH**

Présenté par

1- BelacelLalia

2- BendehibaChaimaa

Soutenu le 18/06/ 2023 devant le jury composé de :

Présidente :	DRIOUCH Aouatef	Grade MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	BENZEKRI BENALLOU Mokhtar	Grade MCA	Université de Mostaganem
Encadreur :	MAHREZ Nouria	Grade MCA	Université de Mostaganem
Co-encadreur :	ZIAT Sid Ahmed	Grade	Université de Mostaganem

Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier notre seigneur & Dieu le tous
puissant, pour m'avoir donné la foi et la force, d'avoir éclairé ma route
et guidé vers le bon chemin.*

*Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère et mon très cher père,
qui avec leur sagesse ont su m'épauler et m'orienter vers l'aboutissement
de mes études.*

À mon mari ainsi qu'à tous mes frères.

À tout mes enseignants du département de génie des procédés.

*Je le dédie aussi à tous mes amies qui ont participé de près ou de loin à
l'achèvement de ce travail.*

Alia ...

Dédicace

*Tout d'abord, je tiens à remercier notre seigneur, Dieu le tous puissant
pour m'avoir donné la foi et la force, d'avoir éclairé ma route et guidé
vers le bon chemin.*

*Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère et mon très cher père,
qui avec leur sagesse ont su m'épauler et m'orienter vers l'aboutissement
de mes études, ainsi qu'à tous mes frères.*

À tout mes enseignants du département de génie des procédés.

*Je le dédie à tous mes amies qui ont participé de près ou de loin à
l'achèvement de ce travail.*

Chaimaa ...

Remerciement

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah qui nous a donné une belle vie, pleine de bonheur.

Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur Mme. MAHREZ Nouria et M. ZIAT Sid Ahmed pour leur aide, les orientations et le temps qu'ils nous ont consacré.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail : Mme. DRIOUCH Aouatef (présidente du jury) et M. BENZEKRI Benallou Mokhtar (examineur). Par ailleurs, nous remercions toute l'équipe du laboratoire de la société de l'eau et de l'assainissement d'Oran, M. Abdallah, et surtout Mme. Nafissa, dont l'aide a été précieuse.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire de fin d'études.

Résumé

Notre travail s'est déroulé à la station de traitement des eaux de Sidi Ladjel « SOER » l'une des stations les plus importantes du pays par laquelle les eaux de surface sont filtrées des polluants, y compris l'ammonium...etc.

Cette étude a pour objectif d'élimination des ions d'ammonium dans l'eau potable par le chlore en fonction de pH grâce à des analyses physicochimiques. D'après les résultats obtenus nous avons constaté que pour avoir un meilleur taux d'élimination d'ammonium, il faut amener la solution à un pH plus au moins basique. Car dans un pH de 10,4, le taux d'élimination d'ammonium a atteint 80% or que dans une solution de pH 3,62 le taux d'élimination était de 26%.

الملخص

الحياة قيد على البقاء اجل من إليه تحتاج الحية والعضوي وكل الكائنات المعدني بين العالم في أساسي عنصر الماء العامل يعتبر كما الإنسان على ضارا بعضها يكون التي الملوثات من أنواع عدة على يحتوي يمكن أن الصافي وحتى الماء الأمراض من العديد انتقال ل الأساسي

من الملوثات المواد من السطحية المياه تصفية يتم خلالها من التي البلاد في محطات أهم من سيور الشرب مياه معالجة محطة الامونيوم ,,,, الخ بينها

إحضار محل و لإلى درجة حموضة يجب الامونيوم ، من للتخلص أفضل معدل على بالحصول العمل هذا لنا سمح لقد 10,4. أساسية أكثر أو اقل أنه في الرقم الهيدروجيني

26% كان معدل التخلص 3,62 بينما في محلول الأساس هيدروجيني 80% وصل معدل التخلص من الامونيوم إلى

Summary

Water is an essential element in the mineral and organic worlds and all living things need it to survive.

Even clean water outdoors can contain several types of pollutants, some of which are harmful to humans and are the main source of many diseases.

The Siwardrinking water treatment plant is one of the most important stations in the country, through which surface water is filtered from pollutants, including ammonium, etc.

This benchwork has allowed us to say that to have a better ammonium elimination rate, the solution must be brought to a more or less basic pH. Because in a pH of 10.4, the ammonium elimination rate reached 80%, whereas in a solution of pH 3.62 the elimination rate was 26%.

Liste des figures	
Figure I.1 : Siège du « SEOR ».	03
Figure I.2 : Station de traitement d'eau potable «SEOR».	04
Figure I.3 : Schéma de traitement de la station de « SIDI LAHDJEL».	05
Figure I.4 : Débourbeur.	06
Figure I.5 : Chambre d'arrivée.	06
Figure I.6 : Cascade d'aération.	07
Figure I.7 : Décanteur.	08
Figure I.8 : Agitation Rapide (coagulation).	09
Figure I.9 : Agitation lente (floculation).	09
Figure I .10 : Clarificateurs.	10
Figure I.11 : Déversoir.	11
Figure I.12 : Schéma d'un filtre à sable.	12
Figure I.13 : Réservoir A/B.	13
Figure I.14 : Système de control.	14
Figure II.1 : Robinets d'échantillonnage.	18
Figure II.2 : Echantillon (E.B /E.T).	19
Figure II. 13: Ajout « solution tampon/NET ».	19
Figure II.4 : Résultat titrage « EDTA ».	19
Figure II. 5 : Ajout « NaOH/Murexide ».	19
Figure II.6 : Résultat titrage « EDTA ».	19

Figure II.7 : Echantillon (E .B /E.T).	20
Figure II.8 : Ajout méthyle orange.	20
Figure II.9 : Résultat Titration « H ₂ SO ₄ -N/25 ».	20
Figure II. 10: Ajout K ₂ CrO ₇ .	21
Figure II.11 : Résultat titrage « AgNO ₃ (0.1N) ».	21
Figure II.12: Courbe de Break point.	24
Figure II.13 : Réactifs utilisés.	25
Figure II.14 : Ajout de acide acétique / KI.	25
Figure II.15 : Résultat titrage « <i>Thiosulfate de sodium</i> ».	25
Figure II.17 : Résultat titrage « <i>Thiosulfate de sodium</i> ».	26
Figure II.18: Flacons de verre avec l'eau à étudier.	26
Figure II.19 : Flacons à l'obscurité.	26
Figure II.20: Réactifs utilisés (Nessler / Stabilisateur Minéral /Alcool polyvinylique).	27
Figure II.21: Echantillon de la solution S1, eau distillé.	27
Figure II. 22: Courbe d'absorption de Chlore en fonction de PH =7,7.	28
Figure II. 23 : Tableau de dosage de Chlore PH = 10,4.	30
Figure II. 24 : Tableau de dosage de Chlore PH = 3,62.	31
Figure II. 25: Relation entre NH ₃ et NH ₄ ⁺ en fonction de pH.	32

Liste des tableaux	
Tableau II.1 : Tableau de dosage de Chlore PH = 7,7.	28
Tableau II.2 : Tableau de dosage de Chlore PH = 10,4.	29
Tableau II.3 : Tableau de dosage de Chlore PH = 3,62.	31

Liste des abréviations

SEOR : La société de l'eau et de l'assainissement d'Oran

MAO : Mostaganem-Arzew-Oran

ADE : Algérienne des eaux de Mostaganem

C° : Celsius Degré

F° : Français Degré

NTU : Néphélogétrie Turbide Uni

TDS : Teneur des sels dissout

EDTA : Ethyle-Diamine-Tétra-Acétique

NET : Noir Eriochrome T

CL : Chlorures

Ca⁺ : Calcium

HCO₃⁻ : Bicarbonatede Calcium

Mg/L : Milli Gramme par litre

Mg : Magnésium

NO₃⁻ : Nitrate

NO₂⁻ : Nitrite

O.M.S : Organisation Mondiale de la santé

PO₄³⁻ : Les Ortho Phosphatent

NH₄⁺ : Ammonium

PH : Potentiel d'Hydrogène

SO₄²⁻ : Ions Sulfates

H₂SO₄ : Acide sulfurique

AL₂(SO₄)₃ : Sulfate d'alumine

NaOH : Hydroxyde de sodium

RS : Les résidus secs

MES : Matières en suspension

TH : Titre hydrotimétrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

E.B : Eau brute

E.T : Eau traité

Sommaire

Introduction Général	01
Chapitre I : Partie théorique	02
I.1. Introduction	03
I.2. Présentation de SEOR	03
I.3. Présentation de la station de traitement d'eau potable	04
I.3.1.Station de « SIDI LAHDJEL»	04
I.4. Les composants essentiels de la station :	05
I.4.1. Débourbeur	05
I.4.2.Ouvrage d'entré d'eau brute Cascade d'aération	06
I.4.3.Densadeg	07
I.4.4. Coagulation	08
I.4.5. Floculation	09
I.4.6. Clarification	10
I.4.7. Filtration	11
I .4.8. Réservoir d'eau traitée	12
I.4.9.Traitement des boues	13
I.4.10.Système de control	13
I.5.Système de dosage des produits chimique	15
Chapitre II : Partie pratique	17
II.1. Introduction	17
II.2. Laboratoire	17
II.3.Verreries Utilisées	17
II.4.Échantillonnage	17
II.5. Matériels utilisés	18
II.6. Méthodes d'analyse	28
II.7. Paramètres de pollution	21

II.8. Problématique	23
II.9. Demande en chlore	23
II.9.1. Méthode rapide	24
II.9.2. Break point	24
II.9.2.1. Protocole de la méthode classique	24
II. 9.2.2. Principe général de DPD ouN, NDiéthyl-Paraphenylène Diamine :	27
II.9.5. Test d'ammonium (NH₄⁺)	27
II.10. La première expérience	28
II.11. La deuxième expérience	29
II.12. La troisième expérience	30
Conclusion	34

Introduction Général

Introduction Général

L'eau est l'élément essentiel à la vie, elle représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, ces principales caractéristiques sont : inodore, incolore et sans goût [1]

Tous les êtres vivants ont besoin d'eau pour survivre. C'est un élément essentiel des mondes minéral et organique. L'eau est exposée à tous les types de pollution car elle est impliquée dans toutes les activités quotidiennes, telles que domestiques, industrielles et agricoles. La pollution a un impact significatif sur la diminution des ressources en eau potable.

La détérioration de l'état de l'eau de consommation a un certain nombre d'effets directs ou indirects sur la santé des populations humaines en contact avec cette eau. L'eau est en effet essentielle, ou presque, à toutes les activités humaines en raison de ses propriétés exceptionnelles.

Même une eau apparemment limpide peut contenir toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain, et toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Ces substances peuvent provenir soit de l'environnement physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau a servi de refuge. L'eau est le principal agent transmissif de nombreuses maladies.

Ainsi, l'eau doit être traitée pour qu'elle puisse être consommée sans danger. Les teneurs limites pour un certain nombre de substances nocives potentiellement présentes dans l'eau ont été fixées. Une eau qui répond aux normes, ou potable, ne signifie pas qu'elle n'a pas de polluants, mais qu'elle a une concentration jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé des consommateurs.

La technologie moderne nous a permis la conception des stations de traitement des eaux de surface pour pallier aux problèmes de pollution qui menacent la potabilité de l'eau, qui a été préservé pendant des siècles. Ces stations de traitement de l'eau brute destinées à la potabilisation est sous une pression croissante pour produire une eau potable de bonne qualité et à plus faible coût, ceci représente une économie en termes de coût mais aussi en termes de respect de l'environnement [1]

Les analyses ont un rôle très important dans le suivi d'une station de traitement, car c'est lui qui doit confirmer la potabilité de l'eau après traitement et anticiper toutes les étapes nécessaires avant traitement à l'aide de différentes analyses pour l'obtention des résultats demandés [2]

L'objectif principal de notre étude est l'évaluation de la qualité de l'eau par la réalisation des analyses physico-chimiques au niveau de laboratoire de la station de traitement d'eau potable de SIDI LAHDJEL « SOER ».

Pour ce faire, notre modeste étude est subdivisée principalement en deux grandes parties, une partie théorique et une partie expérimentale :

- La première partie présente la station de traitement « SOER », son histoire et le processus de traitement de l'eau potable.
- La deuxième partie est consacrée aux techniques utilisées dans le laboratoire, la méthode d'élimination de l'ion d'ammonium par le chlore en fonction de pH, ainsi que la présentation et l'interprétation des résultats.
- Enfin, une conclusion générale résume l'essentiel de notre travail.

Chapitre I

Partie théorique

PARTIE THEORIQUE

I.1. Introduction :

La région du nord-ouest du pays a subi un manque de ressources en eaux souterraines de surface et de surface. Pour résoudre ce problème, l'Etat algérien a décidé d'entreprendre d'importants travaux de développement et d'établir ainsi un projet « MAO ». Ce système est conçu pour répondre aux besoins en eau potable et industriels du corridor Mostaganem-Arzew-Oran « MAO ». Selon le plan directeur 1984-1983, Oran a utilisé les ressources disponibles dans la région de Basse- Chélif par la construction d'un grand système de transport d'eau. La zone hydrographique est divisée en deux grands groupes (2) de Chélif et Zahrez contenant cinq (5) bassins hydrographiques, et nous nous intéressons à notre étude de Chélif, le plus grand bassin du nord de l'Algérie dans le centre-est de l'Algérie.

L'usine de traitement de l'eau potable de SIDI LAHDJEL « SOER » est l'une des stations les plus importantes du pays par laquelle les eaux de surface sont filtrées des polluants, y compris l'ammonium ... etc.

Dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités sur cette station de traitement.

I.2. Présentation de SOER :

La société de l'eau et de l'assainissement d'Oran « **SOER** », c'est un partenariat entre les actionnaires sont l'algérienne des eaux « **ADE** » et l'office national de l'assainissement « **ONA** ». Mise en place le 1^{er} avril 2008, elle fut chargée du service public de l'eau potable et de l'assainissement de la wilaya d'Oran, son objectif principal l'amélioration de la qualité du service d'alimentation en eau potable et ainsi la qualité de vie des citoyens. **SOER** a mis l'accent sur le développement des ressources humaines et matérielles par l'introduction de nouvelles technologies d'efficacité, non seulement sur le plan technique et économique, mais aussi sur le plan environnemental. [3]



Figure I.1 :Siège du « SOER ».

PARTIE THEORIQUE

I.3. Présentation de la station de traitement d'eau potable :

I.3.1. Station de « SIDI LAHDJEL » :

La station de traitement d'eau potable de « **SIDILAHDJEL** » est un projet de grande ampleur confié par l'ANBT, maître de l'ouvrage, après soumission à un appel d'offre national et international aux sociétés (Espagne- France) et « Dégréement » et « **MAPA** » (Turquie). [3]

Le site de la station de traitement d'eau est situé dans la localité de « **SIDI LAHDJEL** », à 26Km de « **Mostaganem** » et à 2Km de la commune « **d'Oued-Kheir** » elle est accessible par le chemin de wilaya Tlemcen. La capacité nominale de la station de traitement est de $561\,600\text{ m}^3/\text{j}$ (6500 l/s) d'eau brute débourbée. [3]

Son objectif est de régulariser un volume de 155 Hm^3 par an de l'eau de « **Chélif** », dont le débit résiduel annuel moyen à l'embouchure est de l'ordre de 500 Hm^3 , d'en stoker temporairement une partie à « **KERRADA** » et, après traitement convenable, la transférer, en fonction de la demande, vers centres urbains et industriels implantés le long du couloir « **M. A.O.** ». [3]



Figure I.2 : Station de traitement d'eau potable « SOER ».

I.4. Les composants essentiels de la station :

PARTIE THEORIQUE

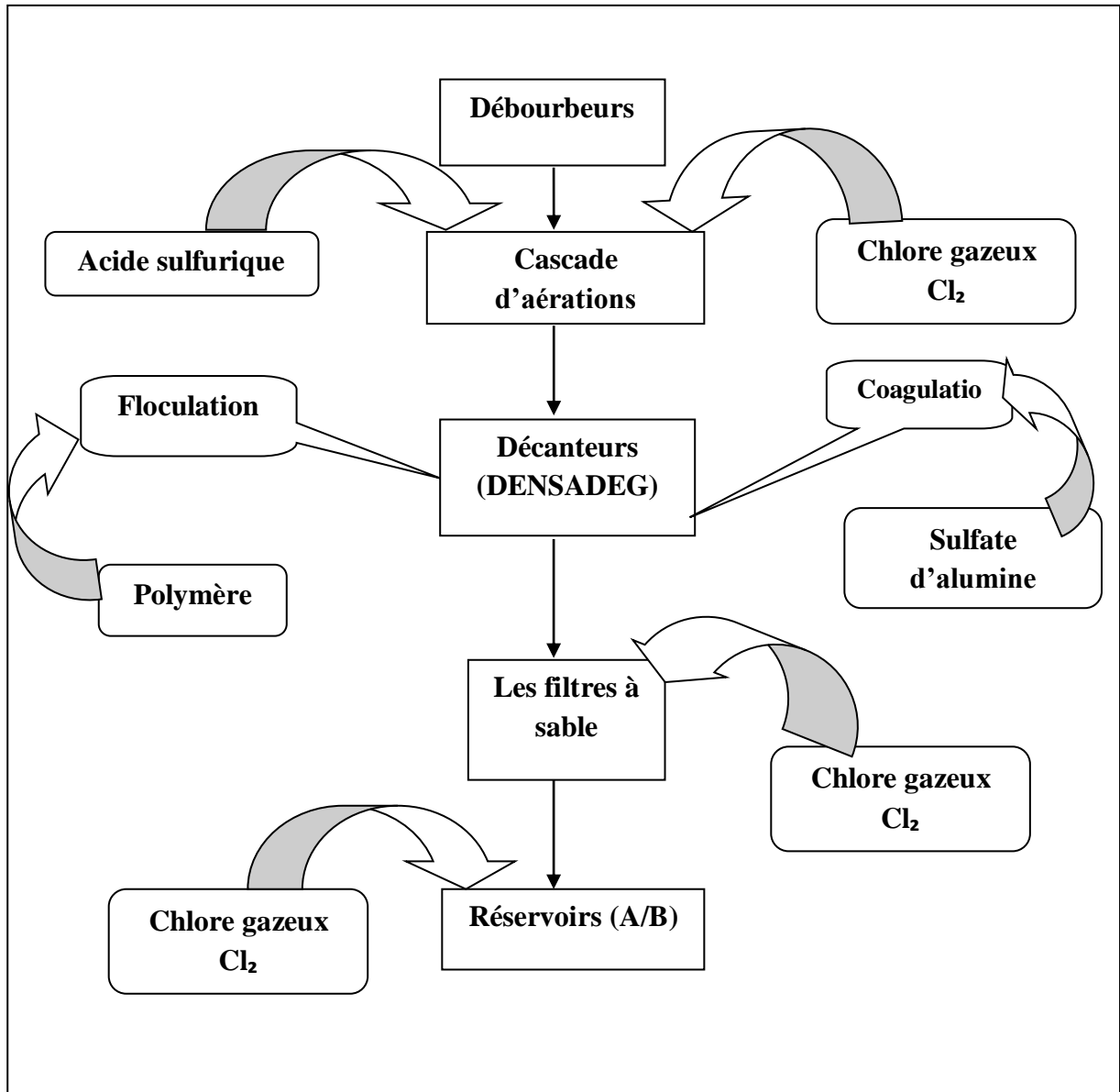


Figure I.3 : Schéma de traitement de la station de « SIDI LAHDJEL »

I.4.1. Débourbeur :

Les débourbeurs permettent pour les eaux fortement chargées d'éliminer une bonne partie des matières en suspension (MES) les plus facilement décantables.

Généralement le débouillage s'effectue après ajout d'un flocculant pour « adhésion » des grosses particules des matières en suspension (MES). Il a été installé huit (8) débourbeurs, 7 en marche et 1 à l'arrêt dont le diamètre est de 50m et la surface unitaire est de 1962,5 m² et un volume de 8400 m³. [4]

PARTIE THEORIQUE



Figure I.4 : Débourbeur.

I.4.2. Ouvrage d'entrée d'eau brute :

Chambre d'arrivée : La tuyauterie d'eau brute sera équipée d'un débitmètre électromagnétique DN 2000 capable de garantir une précision de 1% sur l'échelle de mesure.



Figure I.5 : Chambre d'arrivée.

PARTIE THEORIQUE

Cascade d'aération :

L'aération de l'eau consiste à mettre en contact de façon optimale de l'eau et l'air, dans cette étape on a une injection du H_2SO_4 pour diminuer le pH et une injection de chlore gazeux pour une désinfection de l'eau. Les objectifs de l'aération sont :

- Elimination de gaz en excès
- Lutte contre les odeurs indésirables

Introduction d'oxygène afin d'assurer l'oxydation de certains composés réducteurs, tels que le fer ou le manganèse. [4]



Figure I.6 : Cascade d'aération.

I.4.3. Densadeg :

Le Densadeg est un système de grande capacité qui combine une coagulation, une floculation optimale, une décantation et un recyclage épauississement interne et externe des solides dans

Deux réacteurs consécutifs de manière à maximiser la performance du traitement. [4]

PARTIE THEORIQUE

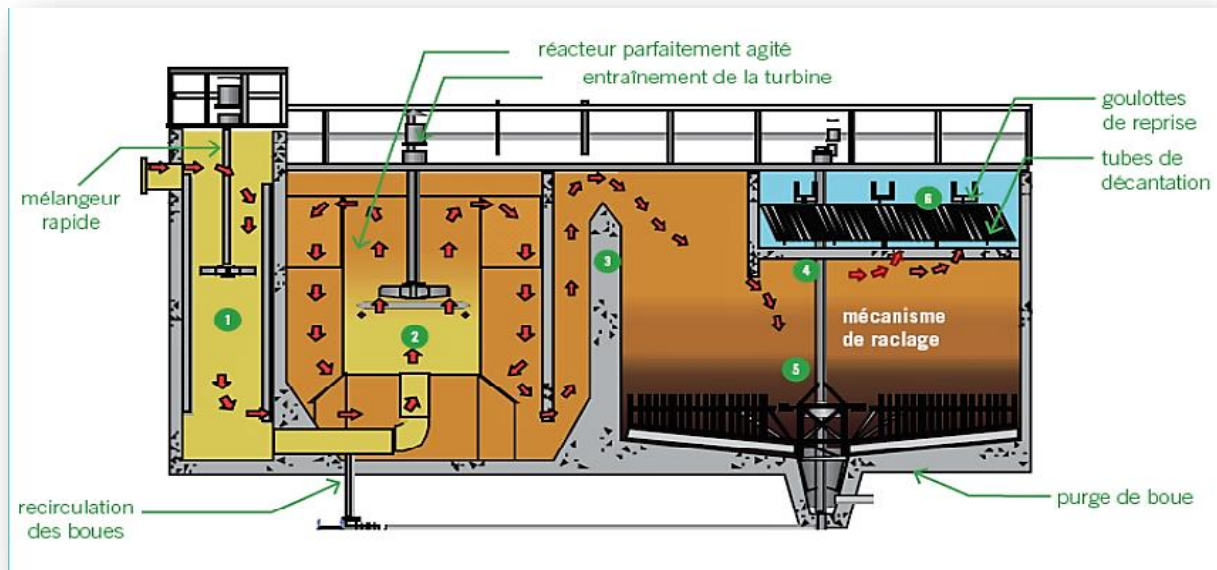


Figure I.7 : Décanteur.

I.4.4.Coagulation :

L'objectif de la coagulation est de neutraliser la charge électrique des particules colloïdales afin de favoriser la formation d'un agglomérat. Le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$ c'est le coagulant injecté à 30 g /L déstabilise les particules en limitant les forces stabilisatrices des colloïdes.[5]

PARTIE THEORIQUE



Figure I.8 : Agitation Rapide (Coagulation).

I.4.5.Floculation :

L'eau coagulée entrée dans une seconde zone de réacteur avec une agitation lente et un floculant (polymère) qui est injecté dans le réacteur avec des boues épaissies provenant de la zone décantation. [6]



Figure I.9 : Agitation lente (Floculation).

PARTIE THEORIQUE

La floculation représente l'étape où les particules déstabilisées sont rassemblées en floes. On réalise cette réaction par une agitation lente et par l'ajout de flocculant en raison de leur très haut poids moléculaire et de leur charge ionique qui permet de rassembler les particules déstabilisées. [7]

Les flocculants sont des stabilisateurs de la suspension colloïdale par coagulation utilisés en complément des coagulants pour augmenter les vitesses de décantation. Après la, le flocculant par son poids moléculaire élevé forme de larges agrégats plus facilement décantables. Ces adjuvants de floculation sont employés en dose plus faible que coagulants.

I.4.6. Clarification :



Figure I .10 : Clarificateurs.

Les solides flocculés entrent dans la zone de décantation en passant au-dessus d'un mur déversoir submergé, ou les matières en suspension plus denses se déposent au fond du décanteur (effet de gravité). L'eau clarifiée se sépare de la boue descendante et remonte à travers des tubes de décantation inclinés. La boue décantée est progressivement épaissie à la base du décanteur au moyen d'un racleur équipé d'une herse, une partie de ces boues est recirculée vers le réacteur de mélange. L'eau clarifiée est uniformément recueillie dans des goulottes d'eau décantée situées au-dessus de modules tabulaires de décantation. [4]

PARTIE THEORIQUE

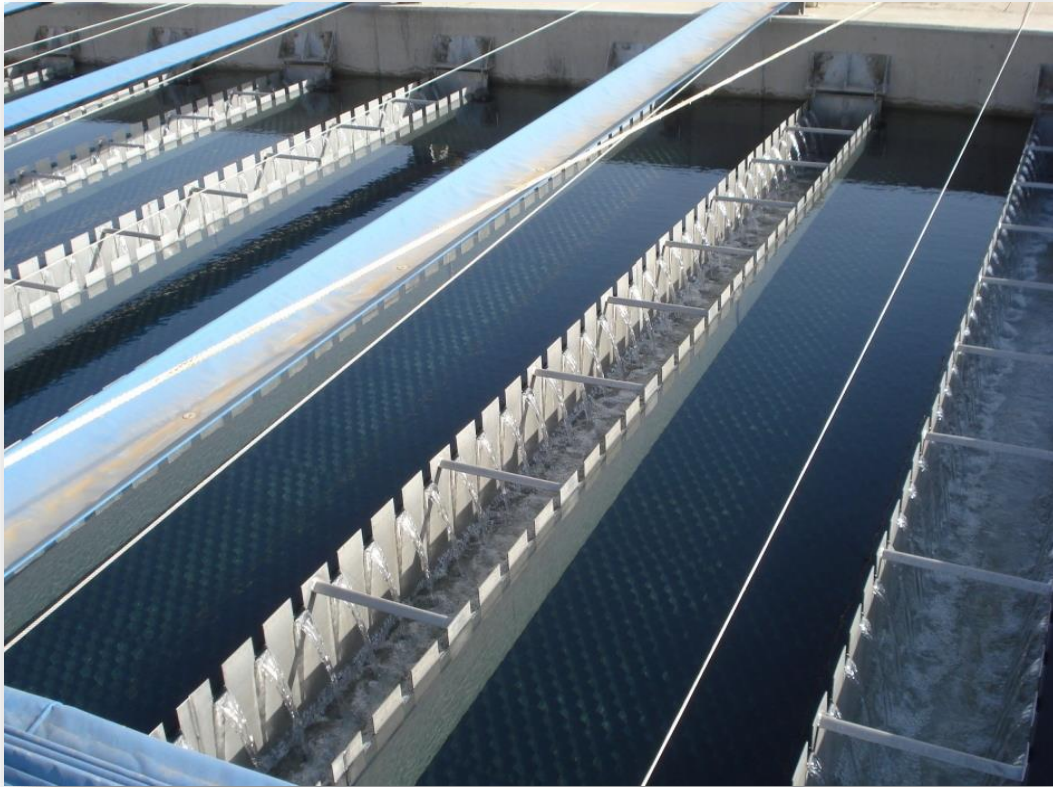


Figure I.11 : Déversoir.

I.4.7.Filtration :

C'est un procédé physique de séparation solides /liquide utilise le passage à travers un milieu poreux constitué d'un matériau granulaire qui retient les particules en suspension dans l'eau prétraitée (floculée et décantée). L'eau clarifiée est filtrée sur une batterie de 18 filtres chaque filtre est constitué par une cuve en béton armé formé de deux compartiments de (5*15.14m) chacun, séparés par un canal axial surmonté d'une goulotte d'évacuation des boues de lavage. [4].

PARTIE THEORIQUE

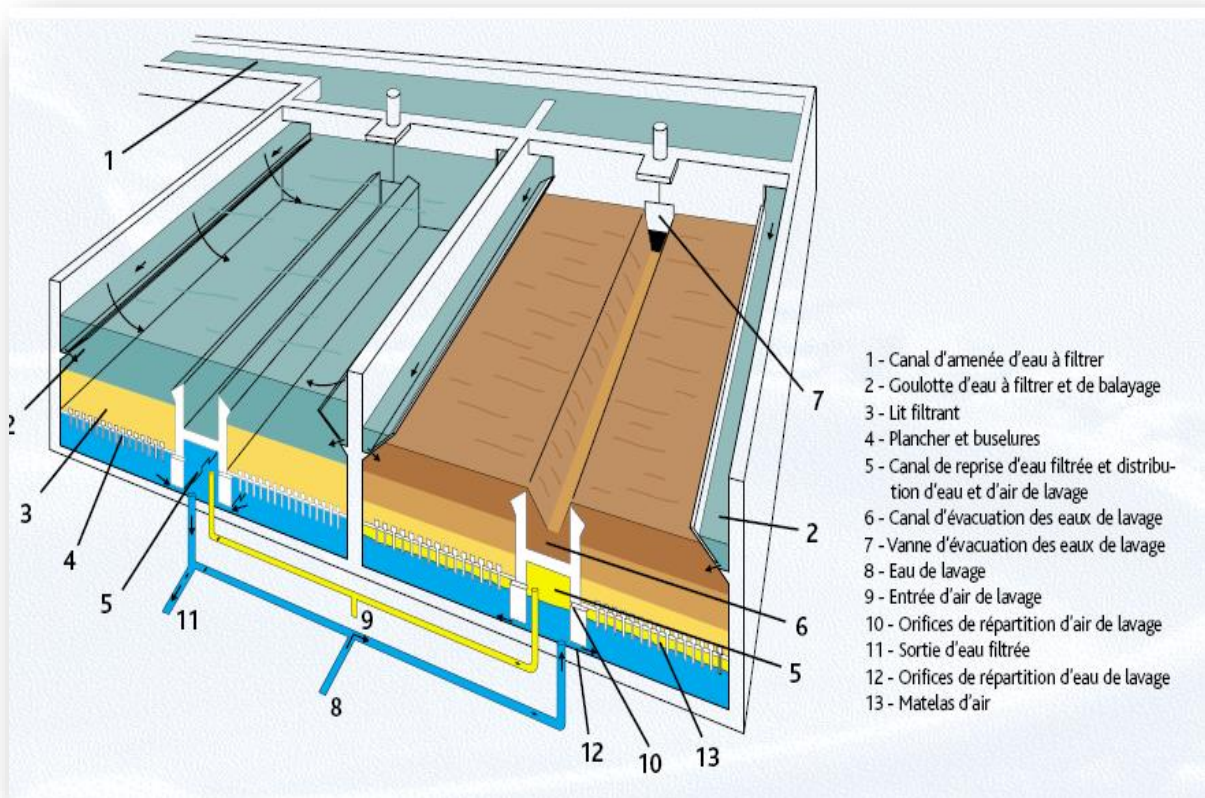
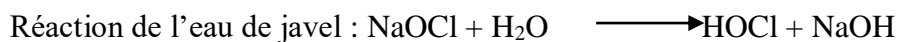
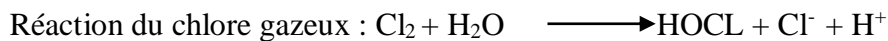


Figure I.12 : Schéma d'un filtre à sable

I.4.8. Réservoir d'eau traitée :

Il y a deux réservoir A et B chacun formé de deux compartiments équipés de deux vannes murales d'un trop plein, de raccords de vidanges et de transmetteurs de niveau d'eau. Le volume total du réservoir est 110.000 m³.

Il y'a une injection de la soude pour l'augmentation du pH, une injection du chlore gazeux (Cl₂) pour la désinfection (cuve de contact) à l'entrée du réservoir et une autre injection de l'eau de javel (NaOCl) sur la sortie des eaux traitées pour l'effet rémanent. [4]



PARTIE THEORIQUE



Figure I.13 : Réservoir A/B.

I.4.9. Traitement des boues :

Les boues rejetées sont composées des matières en suspension apportées par l'eau brute et des matières résultants de l'addition des réactifs c'est-à-dire l'hydroxyde d'aluminium et le charbon actif. Les clarificateurs comprennent une zone d'épaississement intégrée placée sous la zone de décantation lamellaire. [4]

I.4.10. Système de control :

Un système de control est réalisé au niveau de la station de traitement dont les objectifs sont les suivants :

- Acquisition des données et contrôle du procès.
- Gestion des démarrages et arrêts des équipements.
- Visualisation du procès.
- Traitement des alarmes.
- Archivage des données et production des rapports d'exploitation. [4]

PARTIE THEORIQUE



Figure I.14 : Système de control.

I.5. Système de dosage des produits chimique :

PARTIE THEORIQUE

Acide sulfurique :

Il est injecté dans le canal d'arrivée d'eau brute compte tenu des valeurs élevées de pH de l'eau brute du fait que la floculation s'effectue à des pH de 7 et 7,2. L'ajout de l'acide sulfurique est indispensable pour l'ajustement du pH.

Sulfate d'aluminium :

Il injecté au niveau de la zone de coagulation il a pour but de neutraliser les charges électriques des particules colloïdales. La charge superficielle des colloïdes (charge négatives) est neutralisée par l'apport d'un cation (sulfate d'aluminium).

Polymères :

L'injection du polymère se fait dans les chambres floculation en raison de leur très haut poids moléculaire et de leur charge ionique qui permet de rassembler les particules déstabilisées.

Soude :

La soude (NAOH) est injectée à la sortie de la cuve de contact pour ajustement de pH ainsi qu'au niveau de tour de neutralisations pour éliminer les fluides de chlore.

Charbon actif :

Le charbon actif est injecté dans les chambres de mélange, il est utilisé pour le contrôle du goût et des odeurs.

Chlore :

L'objectif de la chloration est de réduire la population microbienne de façon suffisante et supprimer dans tout risque d'infection ou des contaminations par organismes pathogènes. L'injection se fait à l'ouvrage d'entrée (pré chloration) de façon occasionnelle ainsi qu'aux filtres (choc pour le traitement des aigues) et aux réservoirs de façon permanente désinfection.

Chapitre II

Partie pratique

PARTIE PRATIQUE

II.1. Introduction :

Le laboratoire est la partie principale Dans une station de traitement d'eau potable, tous les procès et son efficacité dépend des résultats obtenus au niveau de laboratoire. C'est pour mission de garantir le suivi de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Notre étude repose sur la détermination de la dose optimale de chlore pour un meilleur taux d'élimination d'ammonium suivant la courbe de **Break Point**. Lorsque le chlore est introduit à l'eau, le processus de purification commence, tuant d'abord les bactéries, puis il oxydeles matières organiques et minérale (pesticides, fer, manganèse, ammonium, etc...).

II.2. Laboratoire :

Dans le cadre de la réalisation de la station de traitement d'eau, un laboratoire, partie intégrante de l'installation a été prévu et est équipé d'un matériel aux contrôles de la qualité de l'eau brute et traitée 13.

Il s'agit en fait en premier de réaliser des analyses jugées primordiales pour la détermination des paramètres physico-chimiques de l'eau et le suivi de sa qualité. Trois types d'analyse sont réalisé dons un laboratoire d'une station de traitements : volumétrique, colorimétrique où à l'aide d'appareils spécialisés.

Les méthodes d'analyse utilisée au niveau du laboratoire sont normes :

- Norme ISO (ISO 1885).
- Normes de l'OMS sur l'eau potable.
- Norme NA (Norme algérienne). [6]

II.3. Verreries Utilisées :

Les verreries utilisées sontbéchers, entonnoirs, éprouvette graduée, fiole jaugée, flacons, pipettes graduées, burette, tubes à essais, erlenmeyer et verre de montre.

II.4. Échantillonnage :

Après le démarrage de la station, on patiente pendant une durée de 30mn, pour s'assurer que l'eau déjà présent dans la conduite circule et soit complètement remplacé par une nouvelle eau ainsi on pourra faire un prélèvement.

PARTIE PRATIQUE

Il existe six robinets d'eau

1. Eau brute (E.B).
2. Eau décantée.
3. Eau filtrée.
4. Eau traitée (E.T).
5. Réservoir A.
6. Réservoir B.

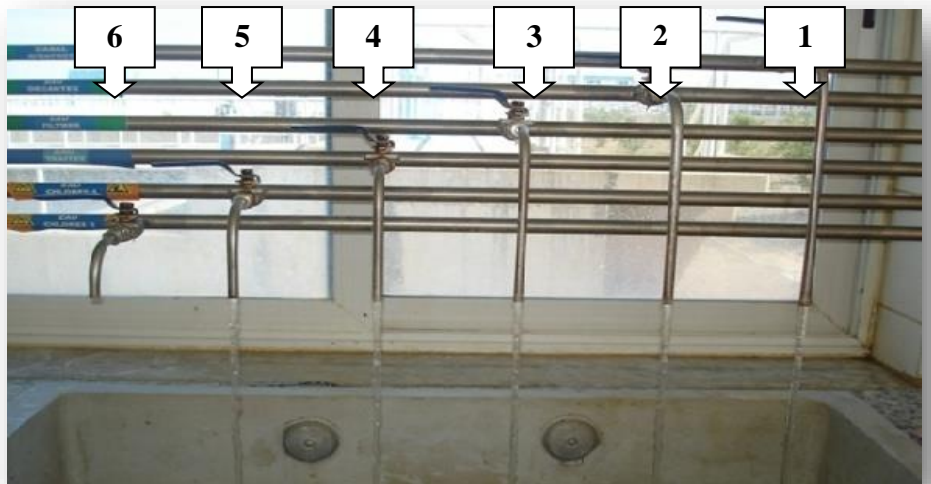


Figure II.1 : Robinets d'échantillonnage.

II.5. Matériels utilisés :

Le matériel utilisé est : micropipettes, pH-mètre, plaque chauffante, conductimètre, agitateur magnétique, spectrophotomètre et balance analytique.

II.6. Méthodes d'analyse :

Mesure de la dureté totale (ou titre hydrotimétrique TH) :

La dureté d'une eau est sa concentration en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) "... Plus ce titre hydrotimétrique (TH) est élevé, plus une eau est dure. [7]

- **Mode d'opérateur**

- On prend **10 ml** d'un échantillon (eau brute, eau traitée).
- On ajoute **1ml** d'une « *solution tampon pH=10* » et une goutte de **noir d'ériochrome « NET »** comme indicateur coloré (couleur rose).
- Titrer par « *EDTA* » jusqu'à ce qu'on obtient la couleur bleu vert.

PARTIE PRATIQUE



Figure II.2 : Echantillon (E.B /E. T).



Figure II.3 : Ajout « solution tampon/NET ».



Figure II.4 : Résultat titrage « EDTA ».

- $TH (^{\circ}F) = V_{EDTA} (ml) * 10$

Titre calcique :

- **Mode d'opérateur :**
- On prend **100 ml** d'un échantillon (eau brute, eau traitée).
- On ajoute **1ml** « *d'hydroxyde de sodium* » (NaOH (N/25)) quelque milligramme de « *murexide* » (poudre) comme indicateur coloré (couleur rose).
- Titrer par « *EDTA* » jusqu'à obtenir la couleur violette.
 - $[TCa^{+2}] (^{\circ}F) = V_{EDTA} (ml)$
 - $[Ca^{+2}] (mg/l) = [T Ca^{+2}] * 4.008$
 - $[Mg^{+2}] (mg/l) = ([TH] - [TCa^{+2}]) * 2.431$



Figure II. 5 : Ajout « NaOH/Murexide ».



Figure II.6 : Résultat titrage « EDTA ».

Le titre alcalimétrique complet (TAC) :

PARTIE PRATIQUE

- **Mode d'opérateur :**

- On prend **100 ml** d'un échantillon (eau brute, eau traitée).
- On ajoute quelques gouttes de « *méthyle orange* » (couleur orange).
- Et titrer avec « *l'acide sulfurique* » (H_2SO_4 (N/25)) jusqu'à ce qu'on obtient une couleur jaune orange avec (**pH = 4.3**). [8]

- $[\text{TAC}] = 2 * V_{\text{H}_2\text{SO}_4} (\text{ml})$

- $[\text{HCO}_3^-] = [\text{TAC}] * 12.2$



Figure II.7 : Echantillon (E. B /E. T).



Figure II.8 : Ajout méthyle orange.



Figure II.9 : Résultat Titrage « H_2SO_4 -N/25 ».

Chlorure (Cl^-) :

Dans le domaine de la qualité de l'eau, le terme chlorure désigne l'ion **chlorure** (Cl^-).

- **Mode d'opérateur :**

- On prend **100ml** d'un échantillon (eau brute, eau traitée).
- Plus quelques gouttes de « *Dichromate de potassium* » ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) (Couleur Jaune).
- Titrer par le « *Nitrate d'argent* » (AgNO_3 (0.1N)) jusqu'à ce qu'on obtient une couleur rouge brique. [6]

- $[\text{Cl}^-] = V_{\text{AgNO}_3} (\text{ml}) * 71$

PARTIE PRATIQUE



Figure II. 10 : Ajout K_2CrO_7 .



Figure II.11 : Résultat titrage
« $AgNO_3(0.1N)$ ».

II.7. Paramètres de pollution :

Nitrite (NO_2^-) :

- On utilise un produit nommée « **LCK 431** » on prend deux **DociCap**(fiolle) du carton une pour l'eau brute et l'autre pour l'eau traitée.
- Ensuite on dévisse le bouchon de chaque **DociCap**, pipeter soigneusement **2,0ml** de l'échantillon dans chaque flacon.
- Vissé le bouchant en sorte qu'il fait face au réactif présent dans ce dernier, puis agiter le flacon bouché **2-3 fois** pour dissoudre le réactif, patienté **10mn**, insérer le flacon préparé dans le porte-cellule du spectrophotomètre.
- Pour terminer lisez le résultat (**mg/l**) indiqué par le spectrophotomètre.

Nitrate (NO_3^-) :

- On utilise un produit nommée « **LCK 339** » on prend deux **DociCap**(fiolle) du carton une pour l'eau brute et l'autre pour l'eau traitée.
- On Pipette **1,0ml** de chaque échantillon (eau brute/traiter) dans les flacons de réactif, on ajoute **0,2ml** de la solution « **A** » dans chaque flacon.
- Ensuite on les agite soigneusement de façon qu'il soit bien homogène, patientez pendant **15mn**.
- Après l'expiration du délai, essuyer le flacon et insérer le flacon préparé dans la cellule titulaire
- Fermez la couverture de l'instrument, lisez le résultat (**mg/l**) indiqué par le spectrophotomètre.

PARTIE PRATIQUE

Aluminium (Al^{3+}) :

- Remplisse deux erlenmeyer de **50ml** avec un échantillon (eau brute/traiter), puis ajouter un « *acide ascorbique* » (poudre). Agiter plusieurs fois pour dissoudre le réactif.
- Ajouter un réactif au aluminium « *AluVer 3* » (poudre), agité soigneusement pendant **1mn**.
- Si l'aluminium est présent on a un développement de la couleur (rouge-orange).
- Préparation du blanc : Versez **10ml** du mélange dans une cellule d'échantillonnage carré, ajouter un « *blanchiment 3* » (poudre), tourbillonner vigoureusement la cellule pendant **30 secondes**, la solution devrait tourner à un (orange moyen), une période d'attente de **15mn** va débiter.
- Lisez le résultat (**mg/l**) indiqué par le spectrophotomètre.

Phosphate (PO_4^{3-}) :

Remplir deux béchers propres avec **10ml** d'échantillon (eau brute/traité), ajouter le contenu du réactif « *PhosVer 3* » (poudre) aux deux béchers, agité pour bien mélanger pendant **30sec**. Une période d'attente de **2mn** va débiter, pour finir on lit le résultat (**mg/l**) dans le spectrophotomètre.

Ammonium (NH_4^+) :

Remplissez un échantillon de **25ml** dans trois erlenmeyer (eau brute **S1**/traiter **S2**/distillé), Ajouter trois gouttes de « *Stabilisateur Minéral* » ainsi que « *Alcool polyvinylique* » à chaque erlenmeyer, agité plusieurs fois pour mélanger. Pipeter **1,0ml** de « *Nessler* » dans chaque erlenmeyer. Agité plusieurs fois pour mélanger. Un temps de réaction **1mn**, ensuite on prend **10ml** de chaque mélange on le met dans une cellule de mesure. Pour finir, après avoir mis le zéro avec l'échantillon d'eau distillé on lit le résultat (**mg/l**) indiqué par le spectrophotomètre.

Matière en suspension :

Mode opératoire :

- Prendre **2 membranes filtrantes** et peser leur masse vide (**ml**) par Balance analytique.
- Prendre **100ml** d'un échantillon (eau brute, eau traitée), filtrée par une pompe à vide.
- Séchage des **2 membranes filtrantes** dans une étuve à **105°C** pendant deux heures.
- Après deux heures de séchage on pèse la masse de chaque membrane (**ml**). [6]

PARTIE PRATIQUE

$$\text{MES} = (\text{ml-ml}) * 10^6 / 100 \text{ (mg/l)}$$

Résidu sec :

Mode opératoire :

On pèse la masse de deux béchers à vide (m_0), puis verser **100ml** d'un échantillon (eau brute, eau traitée) dans chaque bécher et les sécher par l'étuve à **105°C** pendant **24heures**. Pesage des deux masses après le séchage (m_1). [6]

- **R. S = $(m_1 - m_0) * 10^6 / 100 \text{ (g/l)}$**

II.8. Problématique :

L'eau brute contient des contaminants tels que l'ammonium, qui affectent directement et indirectement la détérioration de la santé humaine. Il existe donc des méthodes telles que le chlore pour augmenter leur taux d'élimination, mais quelle est la dose de chlore appropriée pour augmenter le taux d'élimination de l'ammonium ?

II.9. Demande en chlore :

C'est la différence entre la quantité de chlore ajoutée à un échantillon d'eau (ou d'eau résiduaire), et la quantité de chlore résiduelle totale qui reste au bout d'une période de contact défini. Elle est définie par deux méthodes « *Méthode rapide et Break Point* » :

Ce protocole opératoire décrit la mesure de la demande en chlore (en flacons) sur une eau en cours de cours de traitement.

Cette procédure s'applique aux eaux de surface, eaux souterraines, eaux de mer, eaux usées épurées et eaux en cours de procès de potabilité.

PARTIE PRATIQUE

II.9.1. Méthode rapide :

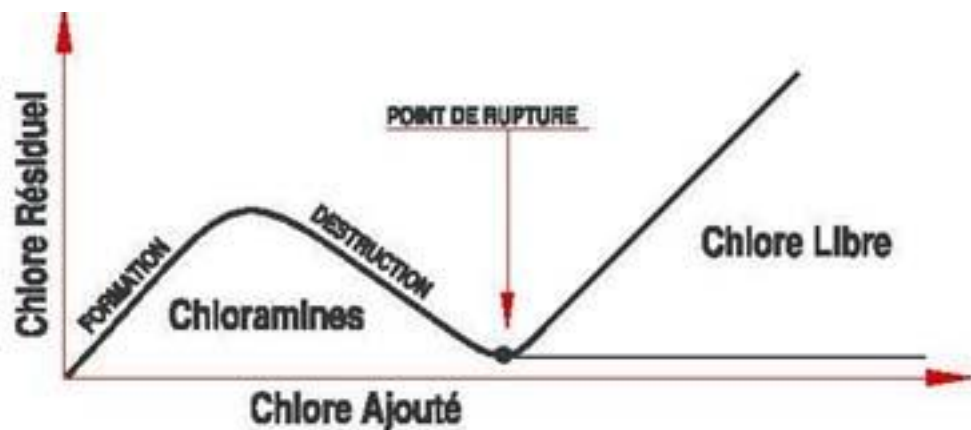
❖ Mode opératoire :

- Prélever 1000 ml d'eau brute dans un flacon.
- Introduire dans ce flacon par exemple 10 mg/l de chlore soit 2 ml de la solution à 5g/l en chlore (ou une dose supérieure si le break-point habituel est supérieur à 10 mg/l),
- Boucher et agiter le flacon, le placer à l'abri de la lumière et à température constante,
- Après 2 heures de contact mesurer le chlore résiduel.

$$\text{La demande en chlore} = 10 - V_{\text{Thiosulfate de sodium (N/35.5)}}$$

II.9.2. Break point :

C'est le point de rupture, ou point critique : point au-delà duquel l'ion NH_4^+ est complètement oxydé par le chlore. Le chlore introduit se trouve alors sous forme de chlore libre. [9]



Source : CIFEC

Figure II.12 : Courbe de Break point

II.9.2.1. Protocole de la méthode classique :

❖ Réactifs utilisés :

- Thiosulfate de sodium (N/35.5).
- Solution de javel commerciale.
- Acide acétique glacial.
- Iodure de potassium (KI) cristallisé et à 100g/l.

PARTIE PRATIQUE

- Empois d'amidon.

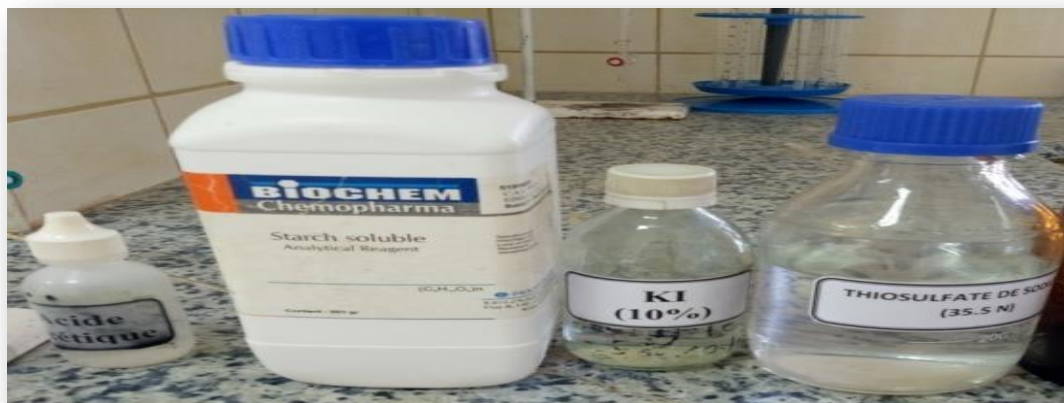


Figure II.13 : Réactifs utilisés.

❖ Mode opératoire :

La concentration de l'eau de javel : prendre **10ml** de la solution commerciale (eau de javel), étendre à **100ml** avec l'eau distillée, on obtient la **solution S1**. Prendre ensuite **10ml** de la **solution S1** et étendre à **100ml toujours** avec l'eau distillée. On obtient ainsi la **solution S2** qui est la solution commercialisée diluée **100 fois**.

Placé dans une fiole conique de **250ml** et dans l'ordre suivant :

- **10ml de la solution S2.**
- **10 gouttes d'acide acétique glacial.**
- **10ml de solution d'iodure de potassium à 100g/l.**

Titrer par le « *thiosulfate de sodium* » jusqu'au virage jaune claire, ajouté quelques milligrammes « *d'empois d'amidon* » (coloration bleu-noire), continué à titrer par le « *thiosulfate de sodium* » jusqu'à décoloration, noter le volume **V1** de **thiosulfate N/35.5** versé.

$$C = V \text{ thiosulfate} * 10$$



Figure II.14 : Ajout d'acide acétique / KI.



Figure II.15 : Résultat titrage « *Thiosulfate de sodium* ».

Remplir **12** flacons de verre avec précisément **1L**

PARTIE PRATIQUE

d'eau à étudier. Injectée **10mg/l** de **chlore** dans ces flacons à partir de la **solution S2**.



Figure II.16: Flacons de verre avec l'eau à étudier.

Placé ces flacons à l'obscurité pendant $2^{\text{H}00}$.



Figure II.17 : flacons à l'obscurité.

Après $2^{\text{H}00}$, on calcule le (Clr, Clt) sur le spectrophotomètre avec l'ajout du (DPD1) pour le chlore résiduel et le (DPD1+DPD3) pour le chlore total.



Figure II.18 : Mesure avec DPD1 (Clr).



Figure II.19 : Mesure avec DPD1+DPD3 (Clt).

II.9.4.2. Principe général de DPD ou N, NDiéthyl-Paraphénylène Diamine :

PARTIE PRATIQUE

Un comparateur présente deux tubes : ils sont remplis avec l'eau à analyser. Dans l'un des Deux tubes on ajoute l'indicateur (réactif, DPD) devant ce dernier, on fait défiler une série de filtres colorés, jusqu'à égalité des colorations (roses ou rougeâtres) des deux côtés.

Selon les comprimés (ou réactifs) utilisés, on peut évaluer le chlore actif libre, le chlore actif total et le chlore combiné.

II.9.5. Test d'ammonium (NH_4^+) :

Remplissez un mélange de **25ml** dans deux erlenmeyer avec un échantillon (eau brute **S1**/ eau distillé), Ajouter trois gouttes de « *Stabilisateur Minéral* » ainsi que « *Alcool polyvinylique* » à chaque erlenmeyer, agité plusieurs fois pour mélanger.

Pipeter **1,0ml** de « *Nessler* » dans chaque erlenmeyer. Agité plusieurs fois pour mélanger.

Un temps de réaction **1mn** est obligatoire, ensuite on prend **10ml** de chaque mélange on le met dans une cellule.

Pour finir, après avoir mis le zéro avec l'échantillon d'eau distillé on lit le résultat (**mg/l**) indiqué par le spectrophotomètre.



Figure II.20 : Réactifs utilisés (Nessler / Stabilisateur Minéral / Alcool polyvinylique).



Figure II.21 : Echantillon de la solution S1, eau distillé.

➤ **Nous avons mesuré le pourcentage d'ammonium dans l'eau potable**

PARTIE PRATIQUE

II.10. La première expérience :

pH = 7,7

NH=1,15 ppm

LA DEMANDE EN CHLORE = 3,50 ppm

Tableau II.1 : Dosage de Chlore pH = 7,7.

N° FLACON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chlore introduits (ppm)	0,2	0,4	0,6	1	3,5	4	6	8	10	12	14	16
Chlore libre (ppm)	0,12	0,25	0,3	0,18	0,1	0,42	2,36	4,27	6,15	8,13	10,05	11,93
Chlore totale (ppm)	0,2	0,36	0,53	0,92	0,21	1,02	2,84	4,81	6,80	8,57	10,46	12,37

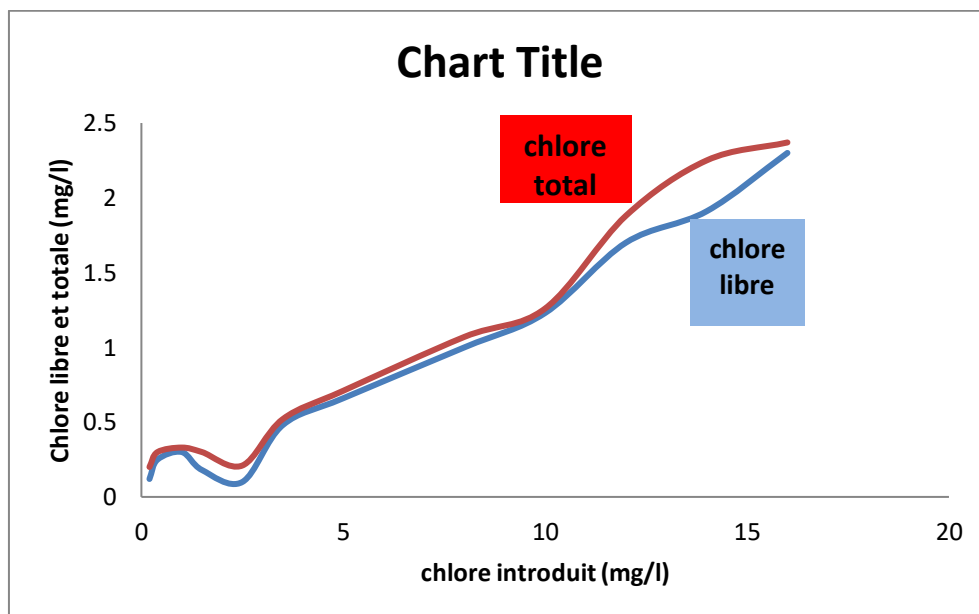


Figure II.22 : Courbe d'absorption de Chlore en fonction de pH = 7,7.

Interprétation 1 :

PARTIE PRATIQUE

Théoriquement parlant, pour éliminer 0.1 ppm d'ammonium il faut en moyenne 1 ppm de l'hypochlorite, cela veut dire qu'avec une teneur de 1,15 ppm d'ammonium il nous faut environ 11 ppm d'hypochlorite. Comme le montre le graphe, dans une solution de Ph7,7 il nous a fallu introduire 0.6 ppm de chlore pour avoir combiner l'ammonium présent dans l'eau en monochloramine, dichloramine et trichloramine et 2,9 ppm pour les détruire. Dans cette solution de pH égale à 7,7, la demande en chlore a atteint 2 ppm ce qui montre que l'hypochlorite a réagi avec seulement 30% d'ammonium.

II.11. La deuxième expérience :

pH =10,4

NH= 1,15 ppm

LA DEMANDE EN CHLORE = 9,0 ppm

Tableau II.2 : Dosage de Chlore pH = 10,4.

N° FLACON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chlore introduis (ppm)	0,2	0,4	2	4	6	8	9	10	12	14	16	18
Chlore libre (ppm)	0,06	0,07	0,22	0,47	0,36	0,29	0,2	1,12	1,92	3,89	5,75	7,68
Chlore totale (ppm)	0,17	0,36	1,93	3,89	3,28	0,86	0,43	1,22	3,11	5,03	6,97	8,86

PARTIE PRATIQUE

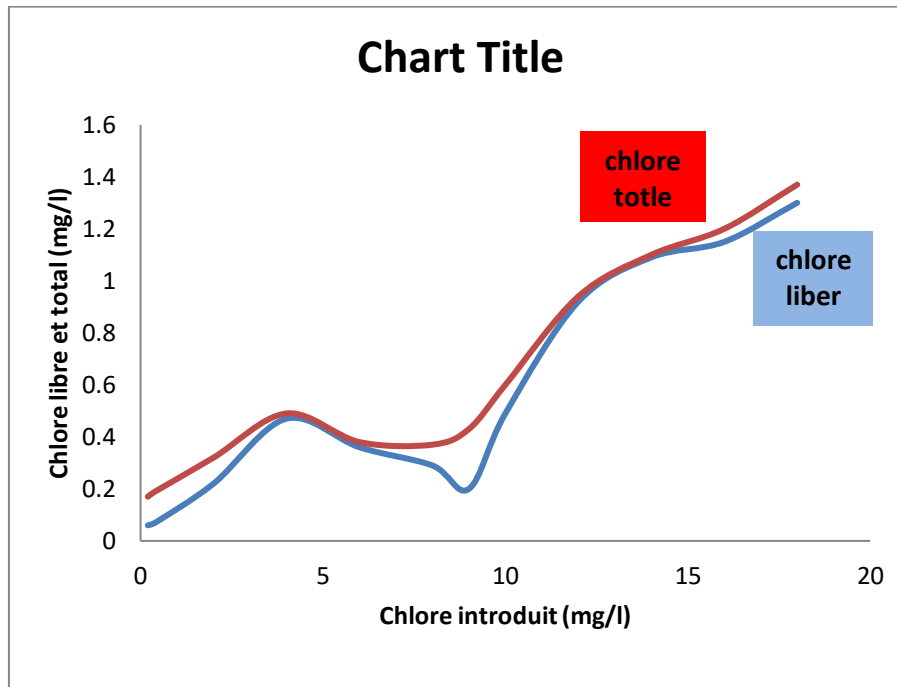


Figure II.23 : Courbe d'absorption de Chlore en fonction de pH = 10,4.

Interprétation 2 :

Lorsque nous avons augmenté le pH de la solution à 10.4, la demande en chlore est passée de 2 ppm à 9 ppm avec un taux de réaction de 80%. La formation des chloramines a nécessité une quantité de 4 ppm de chlore et leurs destructions nécessitaient 5 ppm. Nous avons remarqué que la demande en chlore a augmenté avec l'augmentation du pH.

II.12. La troisième expérience:

pH = 3,62

NH = 1,15 ppm

LA DEMANDE EN CHLORE = 3,0 ppm

PARTIE PRATIQUE

Tableau II.3 : Dosage de Chlore pH = 3,62.

N° FLACON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Chlore introduits (ppm)	0,2	0,4	1	1,5	2,5	3,0	5	8	10	12	14	16
Chlore libre (ppm)	0,06	0,08	0,09	0,34	0,17	0,11	1,97	4,81	6,73	8,56	10,45	12,31
Chlore totale (ppm)	0,07	0,29	0,87	1,34	0,48	0,19	2,08	4,94	6,86	8,69	10,64	12,48

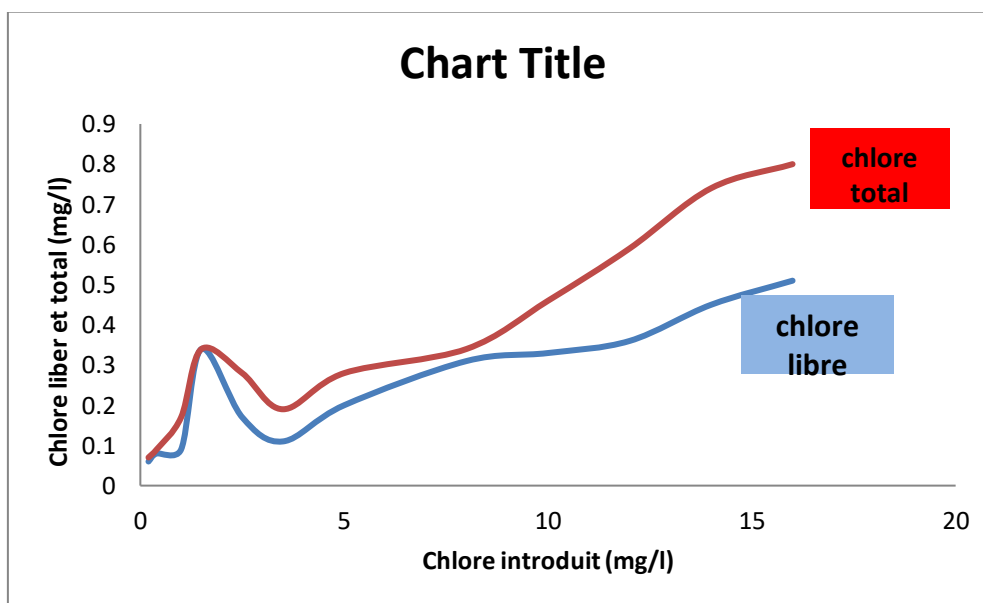


Figure II.24: Courbe d'absorption de Chlore en fonction de pH = 3,62.

Interprétation 3 :

Dans une solution de pH 3,62, l'ammonium a réagi avec 1,5 ppm de chlore pour se combiné et 1.5 ppm pour se transformer en di-azote (N₂). Nous avons remarqué que la demande en chlore dans cette solution était inférieure à celle du pH 7,7 et 10,4.

PARTIE PRATIQUE

- Le chlore réagit avec des composés contenant de l'ammonium selon les réactions suivantes :

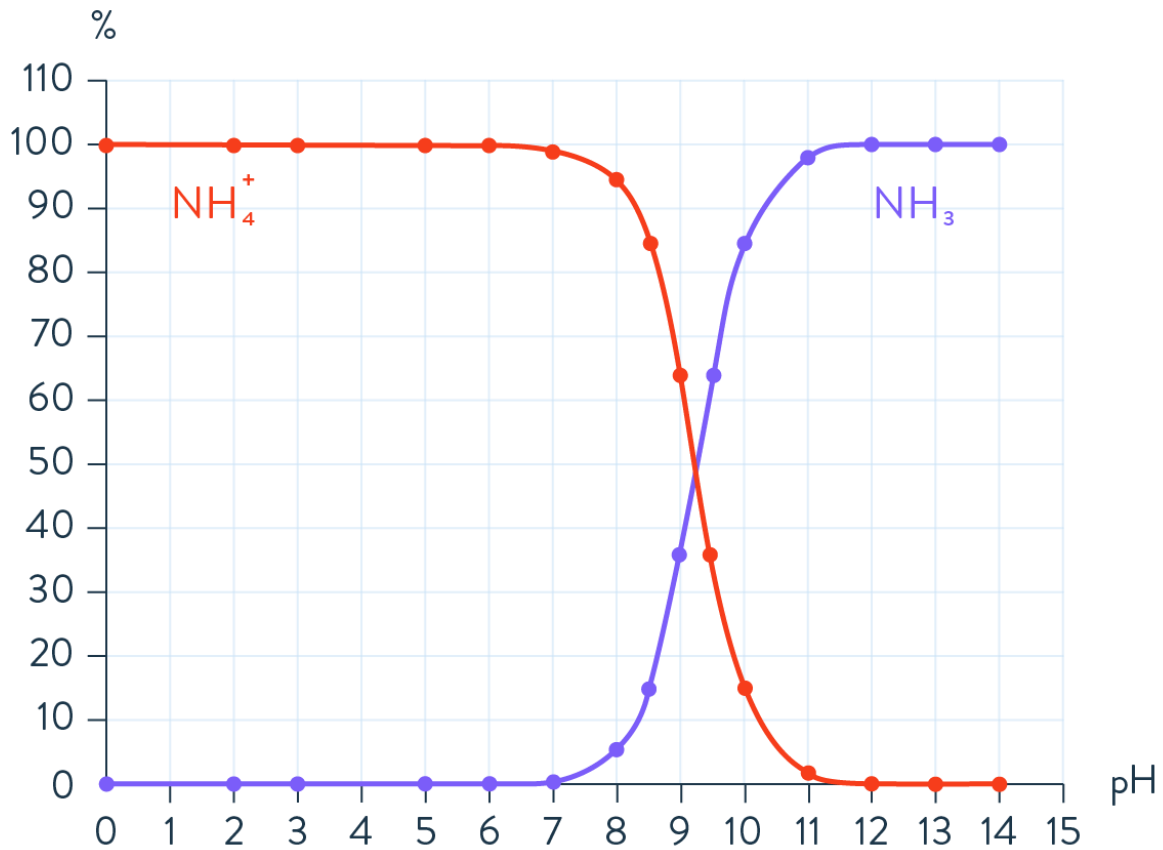
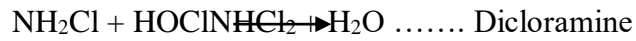


Figure II. 25 : Relation entre NH₃ et NH₄⁺ en fonction de pH.

Conclusion

CONCLUSION

Conclusion

La disponibilité de l'eau est une nécessité absolue qui doit être accessible à tous les citoyens en quantité suffisante et de bonne qualité.

Pendant deux mois, nous avons participé à un stage pratique dans le cadre de gestion et de traitement des eaux urbaines à la station de traitement de Sidi Lahdjael « SOER ». Notre objectif est d'établir un lien direct avec le monde professionnel et de mettre en pratique toutes les connaissances théoriques que nous avons acquises au cours de notre étude.

Notre présence au niveau de l'entreprise nous a permis de manipuler directement des produits et d'entrer en contact avec des professionnels qui n'ont ménagé aucun effort pour transmettre leur savoir-faire et les acquis de leur expérience.

L'objectif principal de notre travail est l'élimination des ions d'ammonium dans l'eau potable par le Chlore en fonction de pH au niveau de la station de traitement.

Faisant suite aux résultats obtenus, nous avons pu conclure que la valeur de la demande en chlore (9ppm) qui augmente dans un milieu basique explique que le chlore (HClO) réagit avec NH_3 pour former les chloramines. Ce constat a été confirmé lorsque nous avons baissé le pH jusqu'à 3,62, où la demande en chlore a pris une valeur de 3 ppm.

Ces travaux de paillasse, nous a permis de dire que pour avoir un meilleur taux d'élimination d'ammonium, il faut amener la solution à un pH plus au moins basique. Car dans un pH de 10,4, le taux d'élimination d'ammonium a atteint 80% or que dans une solution de pH 3,62 le taux d'élimination était de 26%.

Ce travail nous a permis de suivre toutes les étapes du traitement des analyses chimiques et physiques de l'eau au niveau d'une entreprise performante et renommée nationale.

Références

Bibliographique

Références Bibliographiques

- [1]. **Henri L. (2012)**. L'eau Potable, Édition réimprimée, p190.
- [2]. **Gérard G. (1999)**. L'eau: Milieu naturel et maîtrise, Édition INRA : Volume 1, p204.
- [3]. **BOUGHAZI Safaa, 2018** : Gestion de la ressource en eau du système hydraulique MAO – MACTA, mémoire en master hydraulique, Département d'hydraulique urbaine, Ecole nationale Supérieure d'Hydraulique –Arbaoui Abdellah, Oran.
- [4]. **Manuel**, Le Processus de la Station de traitement d'eau Sidi Lahdjel pour l'alimentation en eau potable du couloir Mostaganem –Arzew-Oran.
- [5]. **LENNTECH, Water treatment& Purification Holding B.V.**Solutions de traitement de l'eau pour tous types d'applications, équipements, Paris.
- [6]. **H.Kabouya, 2009** : Méthodes d'analyses physico-chimiques, Formation/laboratoire, station de traitement des eaux a partir du barrage de tichyHaf
- [7]. **MO.DT.LabC.14, 2009** : Dosage de la somme du calcium et magnésium par la méthode titrimétrique a l'EDTA.
- [8]. **MO.DT.LabC.18, 2009** : Détermination de l'alcalinité ; Titre alcalimétrique (TA) et Titre alcalimétrique (TAC)
- [9]. **Jove, Cambridge, MA, (2023)** : Jove science Education database, GeneralLaboratorytechniques ,introduction au spectrophotomètre .
- [10]. **BELARBI, 2018** : traitement des Eaux destinées a la consommation humaine « Station de SIDI LAHDJEL-MOSTAGANEM ». Mémoire en Master, Département Gestion et Economie de l'EAU, INSTITUT NATIONAL SPESIALISE DE FORMATION PROFESSIONNELS, ORAN.
- [11].**Ezziane S, 2007** : traitement des eaux de rejets de l'unité CERMIT « TENES », Mémoire de magister, Département de génie des procédés, Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur ; Université Hassiba Ben Bouali, Chlef.
- [12].**Valiron F, 1989**, Gestion des Eaux : alimentation en eau-assainissement, édition presses de l'école Nationale des ponts et chaussées, Paris.
- [13]. **KATTAB.A** : Alimentation en eau potable de la ville de Médéa, Compagnie Européenne de traitement des eaux.

ANNEXE

ANNEX

Annexe 01 : Préparation des réactifs chimique :

Les réactifs	Quantité	Quantité de produit	Les doses
$K_2Cr_2O_7$	50 ml	5 g + ED	10%
Méthyle orange $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$	50 ml	0.25 g+ED	0.5%
NET	50ml	0.2 g NET + 50 ML éthanol	0.4%
EDTA	1000 ml	0.7EDTA+0.4NaOH	0.04N
$AgNO_3$	500 ml	8.5 g $AgNO_3$	1/10N
H_2SO_4	500 ml	14 ml H_2SO_4	1N
Sel de mohr	500 ml	1 g Sel de mohr +10ml H_2SO_4	N/80
Murixide	/	poudre	/
Solution tampon	500 ml	75ml NH_4OH +12.5 NH_4Cl	Ph = 10
KI	25 ml	2.5 g	10%
Amidon	/	poudre	/

ANNEX

Annexe 02 : Quelques matériels utilisés dans le laboratoire de la station



Etuve



Balance analytique



Dessiccateur



Agitateur magnétique



Conductimètre

pH-mètre



Turbidimètre



Spectrophotomètre