

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd - Tlemcen -

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Par : BENTRAR Ahlem

Sujet

Etude des performances de fonctionnement d'une station de traitement des eaux de surface destinée à l'AEP: Cas de la station de Boughrara

Soutenu publiquement, le 27/09/2023 , devant le jury composé de :

Mme GUASMI Imen	MCA	Université de Tlemcen	Président
Mr CHIBOUB FELLAH Abdelghani	Professeur	Université de Tlemcen	Examinateur
Mr BOUMEDIENE Maamar	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr HABI Mohammed	Professeur	Université de Tlemcen	Co-Encadreur



Remerciement :

Au nom d'Allah le Tout Clément le Tout Miséricordieux et que sa prière et son salut soient sur son Prophète Mohammed et alliés. Louanges à Dieu en tout temps pour sa bénédiction.

Dans un premier temps, nous remercions nos chers parents qui nous ont soutenus depuis les premiers jours de nos vies et pour leurs encouragements constants.

Nous remercions aussi Mr. HABI MOHAMMED, qui a bien voulu nous honorer de sa présence en présidant le jury.

J'adresse mes sincères remerciements et profonde reconnaissance à Mr. CHIBOUB FELLAH ABDELGHANI et Mme. GUESMI IMEN pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce mémoire en acceptant de l'examiner.

Notre plus grand respect et nos sincères remerciements vont à nos illustres encadreurs pour le temps et la patience, Mr. BOUMEDIENE MAAMAR, ainsi qu'à l'ensemble du personnel de l'université Abou-Bakr BELKAID de Tlemcen, en particulier nos professeurs, afin qu'ils puissent trouver ici l'expression de notre considération et le témoignage de notre profonde reconnaissance pour le temps, la patience qu'ils ont mis à notre disposition et les judicieux conseils qu'ils nous ont prodigués tout le long de ce travail et de notre parcours universitaire.

Nous remercions toute l'équipe de la station de traitement de Boughrara pour nous avoir donnés l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail sur le terrain.

Et enfin, nous aimerions exprimer notre gratitude à tous nos amis, camarades ainsi qu'à toute personne qui nous a apporté le soutien moral et intellectuel tout au long de ce travail.





Dédicace

A mes chers parents, source de vie, d'amour et d'affection

A mes chers frères et ma sœur

*A mon mari, ma source de joie pour son soutien moral et sa
grande patience*

A mes beaux-parents pour leurs encouragements

A mon âme sœur Ibtissam

A toute ma famille

*A tous mes amies, particulièrement : Amel, Nessrine, Fatima
Zohra et Chaimae.*

A tous mes collègues de la promotion



Table des matières

Résumé	1
INTRODUCTION GENERAL	2
CHAPITRE 1	4
I.1. Introduction	5
I.2. Origine des eaux de consommation	5
I.2.1. Les eaux de surface	5
I.2.2 Eaux souterraines	5
I.2.3 Eaux de mer et eaux saumâtres	7
I.3. Pollution des eaux	7
I.3.1 Origine de la pollution	7
I.3.1.1 L'industrie	7
I.3.1.2 L'agriculture	7
I.3.1.3 Pollution domestique	7
I.3.1.4 Pollution par les eaux pluviales	7
I.3.1.5 Pollution d'origine naturelle	7
I.3.1.6 Pollution par des substances associées au traitement de l'eau	7
I.2.2 Les principaux polluants des eaux naturelles :	8
I.2.2.1 Polluants physiques :	8
I.2.2.2 Polluants chimiques :	9
I.2.2.3 Polluants microbiologiques :	9
I.3 Récapitulation :	10
I.4. Normes de potabilité des eaux de consommation	10
I.4.1. Tableaux des normes de potabilités	10
I.5. Conclusion	12
CHAPITRE 2	13
II. 1-Introduction :	14
II.2. Procédés de traitement de l'eau	14
II.3. Stockage de l'eau traitée :	19
CHAPITRE 3	20
III. 1-Barrage de Hammam Boughrara :	21
III. 1-1Présentation de barrage Hammam Boughrara :	21
III.2-Station de traitement Hammam Boughrara :	21

III. 2-1 –Présentation de la station de Hammam Bouhrara :	21
III. 2-2-Description du processus :	22
h. Filtre à sable :	32
Conclusion :	39
CHAPITRE 4	40
Introduction :	41
IV. 1. Analyses physico-chimiques des eaux traitées :	41
IV.1.1. Site et mode de prélèvement :	41
IV.1.2. Paramètres et procédures d'analyse :	41
a. La température :	42
b. Potentiel Hydrogène (PH):	42
c. La turbidité :	42
d. La conductivité électrique :	42
e. Le chlore :	42
□ Procédure d'analyse des Chlorures (Cl ⁻) :	42
g. La dureté totale de l'eau :	43
g. Carbonates et boicarbonates :	44
□ Procédure d'analyse Carbonates /Bicarbonates :	44
CHAPITRE 5	47
Introduction	48
V. 1. Performances de quantité :	48
V. 2. Performances de qualité :	48
V. 2.1. La température :	49
V. 2.2. PH :	49
V. 2.4. La turbidité :	50
V. 2.5. La conductivité :	51
V. 2.6. solides dissous totaux(TDS) :	52
V. 2.7. La matière organique :	53
V. 2.8. Chlore :	54
V. 2.9. Ammonium :	55
Conclusion générale	57
Références bibliographie :	59

Résumé

Ce travail a pour but de suivre et d'évaluer la qualité physico chimique des eaux traitées de la station de Hammam Boughrara située à Maghnia, Wilaya de Tlemcen. Les expérimentations ont été réalisées sur une période de 36 jours allant de la mi-février à la fin Mars 2023. Les analyses physico-chimiques ont montré que ces eaux de consommation humaine présentent une bonne qualité à la consommation et remplissent les critères de potabilité en se référant aux normes nationales et celles des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé. La température de l'eau traitée est toujours inférieure à la norme (25°C) ; son pH est proche de la neutralité (pH = 7). Sa turbidité demeure toujours inférieure à 1 et sa conductivité se situe entre 2019 µS/cm et 2253 µS/cm ce qui lui confère une bonne minéralisation. Les tests de chlore obtenus sur l'eau traitée ont révélé sa conformité pour la boisson (teneurs en chlore résiduel variables de 0.68 à 1.8 mg/l). Les concentrations des TDS dans l'eau traitée oscillent de 1100 à 1250 mg/l et demeurent inférieure à la norme algérienne autorisée pour l'eau potable (soit 1500 mg/l). Sa concentration en ammonium se situe entre 0 et 0.11 mg/l apparaît très largement inférieure à la norme algérienne pour l'eau potable (0.5 mg/l). Ces résultats montrent bien l'efficacité de cette station en matière de production d'eau potable. Néanmoins, la surveillance et le contrôle de ces eaux demeure une tâche d'ordre primordial pour préserver la santé publique des consommateurs.

Mots clés : Traitement d'eau, eaux de surface, performances de traitement, normes de potabilité, hammam Boughrara

Abstract

This work aims to monitor and evaluate the physicochemical quality of treated water from the Hammam Boughrara station located in Maghnia, Wilaya of Tlemcen. The experiments were carried out over a period of 36 days from mid-February to the end of March 2023. The physico-chemical analyzes showed that this water for human consumption presents good quality for consumption and meets the potability criteria in referring to national standards and those of the World Health Organization guidelines. The temperature of the treated water is always below the standard (25°C); its pH is close to neutral (pH = 7). Its turbidity always remains less than 1 and its conductivity is between 2019 µS/cm and 2253 µS/cm which gives it good mineralization. Chlorine tests found on the treated water revealed its compliance for drinking (residual chlorine contents varying from 0.68 to 1.8 mg/l). The concentrations of TDS in treated water range from 1100 to 1250 mg/l and remain lower than the Algerian standard authorized for drinking water (i.e. 1500 mg/l). Its ammonium concentration is between 0 and 0.11 mg/l, appearing very much lower than the Algerian standard for drinking water (0.5 mg/l). These results clearly show the efficiency of this station in terms of producing drinking water. Nevertheless, the monitoring and control of these waters remains an essential task to preserve the public health of consumers.

Keywords: Water treatment, surface water, treatment performance, drinking standards, Boughrara hammam

ملخص

يهدف هذا العمل إلى مراقبة وتقييم الجودة الفيزيائية والكيميائية للمياه المعالجة من محطة حمام بوغرار الواقعة بمغنية بولاية تلمسان. تم إجراء التجارب على مدى 36 يومًا من منتصف فبراير حتى نهاية مارس 2023. وأظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن هذه المياه المخصصة للاستهلاك البشري تقدم نوعية جيدة للاستهلاك وتلبي معايير صلاحية الشرب بالإشارة إلى المعايير الوطنية و لتلك المبادئ التوجيهية لمنظمة الصحة العالمية. تكون درجة حرارة المياه المعالجة دائمًا أقل من المستوى القياسي (25 درجة مئوية)؛ درجة الحموضة قريبة من المحايدة (الرقم الهيدروجيني = 7). وتبقى تعكرته دائمًا أقل من 1، وتتراوح موصليته بين 2019 ميكرو سيميز/سم و 2253 ميكرو سيميز/سم مما يعطيه تمعدنًا جيدًا. أظهرت اختبارات الكلور على المياه المعالجة مدى ملاءمتها للشرب (تتراوح محتويات الكلور المتبقية من 0.68 إلى 1.8 ملغم/لتر). وتتراوح تركيزات المواد الصلبة الذائبة في المياه المعالجة من 1100 إلى 1250 ملغم/لتر، وتظل أقل من المعيار الجزائري المعتمد لمياه الشرب (أي 1500 ملغم/لتر). يتراوح تركيز الأمونيوم فيها بين 0 و 0.11 ملغم/لتر، وهو ما يبدو أقل بكثير من المعيار الجزائري لمياه الشرب (0.5 ملغم/لتر). وتظهر هذه النتائج بوضوح كفاءة هذه المحطة من حيث إنتاج مياه الشرب. ومع ذلك، تظل مراقبة هذه المياه والسيطرة عليها مهمة أساسية للحفاظ على الصحة العامة للمستهلكين.

الكلمات المفتاحية: معالجة المياه، المياه السطحية، أداء المعالجة، معايير الشرب، حمام بوغرار

INTRODUCTION GENERAL

Introduction générale

L'eau est une ressource indispensable à la vie. Parmi les sources d'eau sur la terre, nous trouvons les eaux souterraines, les eaux de mer et les eaux de surface telle que les eaux des rivières, les eaux des cours d'eau et les eaux des lacs et des barrages.

Dans les pays où les ressources en eau sont trop limitées et pour faire face à la pénurie d'eau et pallier aux problèmes des besoins en eau potable, l'homme a procédé à la recherche de techniques pour obtenir de l'eau douce à partir de l'eau de mer. Les eaux de barrage représentent une richesse considérable dans la mesure où elle sera traitée.

Dans cette optique, et avec l'explosion démographique de certaines régions, l'Algérie a lancé depuis plusieurs années un large programme en matière de réalisation d'installations de stations de traitement opérationnelles réparties sur tout le territoire Algérien. Parmi ces stations figurent la station de traitement de l'eau du barrage de Hammam Boughrara qui alimente en eau potable une bonne partie des habitants des localités ouest de Tlemcen.

Les systèmes de traitement d'eau peuvent être à l'origine de plusieurs dysfonctionnements dans leur processus qui conduisent parfois à des arrêts fréquents des stations. Les gestionnaires de l'eau potable doivent fournir à leurs abonnés une eau traitée et conforme notamment du point de vue physicochimique, pour éviter tout problème sanitaire vis-à-vis des consommateurs.

L'objectif de notre travail est d'étudier les performances de fonctionnement de cette installation sur deux aspects :

- Quantitatif : production de l'eau traitée ;
- Qualitatif : qualité physico chimique de l'eau traitée

Sur ce dernier aspect, des analyses, englobant: la température traitée, le pH, la turbidité la conductivité, le chlore, l'ammonium, ont été effectuées sur l'eau brute et l'eau traitée sur une période (du 12 Février et le 19 Mars 2023). Les résultats obtenus ont été comparés aux normes de potabilité pour justifier l'utilisation alimentaire de l'eau.

Ainsi, on a divisé notre travail en cinq chapitres suivants :

- Le premier chapitre aborde des généralités sur les eaux de consommation et les normes de potabilité;
- Le deuxième chapitre présente les différents procédés de traitement des eaux de surface (le tamisage/micro-tamisage, la coagulation-floculation, la décantation, la filtration l'adsorption et la désinfection) ;
- Une présentation et description de la station de traitement des eaux du barrage Boughrara est présentée dans le troisième chapitre ;
- Le quatrième chapitre présente, avec plus de détails, le matériel ainsi que les méthodes d'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau étudiés.
- Le cinquième chapitre, quant à lui, est réservé aux résultats expérimentaux trouvés ainsi qu'à leurs interprétations.

Au terme de cette étude, une conclusion générale est donnée.

CHAPITRE 1

I.1. Introduction

Les eaux dont nous disposons à la nature sont généralement non potables à la consommation avant traitement. Elles sont caractérisées par des pollutions diverses : chimique, organique et bactériologique.

Une eau mise à la disposition du consommateur dans les réseaux de distribution doit être traitée même si l'homme n'en consomme qu'une faible quantité. Pour ce fait, l'eau arrivant au robinet du consommateur doit être potable et répond aux normes de qualité.

I.2. Origine des eaux de consommation

On retrouve trois sources principales d'eaux brutes: les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer.

Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction de l'eau et du milieu environnant [1].

I.2.1. Les eaux de surface

Les eaux de surface ont pour origines soit les eaux souterraines (par une résurgence, source), soit les eaux de ruissellements, soit les eaux de pluie. Ces eaux se regroupent en cours d'eau et sont caractérisées par une surface libre, surface de contact entre l'eau et l'atmosphère, toujours en mouvement, avec une vitesse variable. Les eaux de surface peuvent se retrouver stockées dans des réservoirs naturels (lacs) ou artificiels (barrages), de profondeur variable [2].

On peut répartir les eaux de surface en trois catégories; eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée [1].

La composition chimique des eaux de surface dépend des propriétés du terrain traversé par l'eau lors de son écoulement dans tous les bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, ces eaux se chargent en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique) [2]. Il faut noter :

- Présence quasi-générale de gaz dissous, en particulier l'oxygène,
- Concentration importante en matières en suspension, tout au moins pour les eaux courantes.

Ces matières en suspension sont très variées, depuis les particules colloïdales jusqu'aux composants charriés par les rivières en cas d'augmentation significative du débit. Dans le cas des eaux de barrage, le temps de séjour provoque une décantation naturelle des éléments les plus grossiers: la turbidité résiduelle est alors colloïdale.

- Présence de matières organiques d'origine naturelle provenant de la décomposition des organismes végétaux ou animaux vivant à la surface du bassin versant ou dans la rivière et qui se décomposent après leur mort (végétaux, animaux...).
- Présence de plancton: Les eaux de surface abritent une croissance importante de phytoplancton (algues) et de zooplancton. Dans certaines conditions, une vie aquatique intense peut se développer: développement de végétaux macrophytes, de poissons.
- Variation journalière (écart dans la température, ensoleillement) ou variation saisonnière: changement climatique (température, fonte des neiges), végétation (chute des feuilles). Elles peuvent être aléatoires: pluie soudaine, tempête, etc.. Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface de l'eau jusqu'au fond de la retenue (O₂, Fe, Mn, oxydabilité, plancton). Le profil de chacun de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes de l'année.
- Pollution organique conduisant souvent à l'eutrophisation des eaux [2].

I.2.2 Eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution car les caractéristiques de ces eaux évoluent peu avec le temps. Les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute [1].

La porosité et la structure du sol déterminent le type d'aquifère et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre. Elle est ensuite alimentée directement par percolation des eaux de ruissellement, dont le niveau fluctue en fonction de la quantité d'eau retenue. Une nappe peut être captive. Elle est alors séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle est généralement plus profonde. Un cas particulier est représenté par les aquifères alluviaux: Ce sont des aquifères situés en terrain alluvionnaire à travers lesquels s'écoule l'eau. La qualité de ces eaux est alors directement influencée par la qualité de l'eau de la rivière.

Le stockage et la circulation des eaux souterraines peuvent s'effectuer dans l'ensemble de la couche géologique considérée: C'est le cas des sols poreux comme le sable, le grès et les alluvions. Ils peuvent s'établir dans des fissures ou fractures de roches compactes.

Les roches compactes à fissures étroites sont représentées par la plupart des roches éruptives ou métamorphiques. Ces roches ne sont pas intrinsèquement perméables. L'eau s'infiltré dans la roche et circule à travers des fissures localisées et éparées. Les roches compactes à fissures larges sont typiquement représentées par les terrains calcaires: les fissures originelles sont progressivement élargies par dissolution dans l'eau chargée de gaz carbonique qui y circule; on aboutit à des cavernes importantes, avec parfois formation de vrais cours d'eau souterrains; c'est le relief karstique. On peut aussi trouver rarement des marnes et exceptionnellement du grès.

La nature géologique du terrain a une influence déterminante sur la composition chimique de l'eau retenue. A tout instant, l'eau est en contact avec le sol dans lequel elle stagne ou circule: il s'établit un équilibre entre la composition du terrain et celle de l'eau. L'eau qui circule dans les sols sableux ou granitiques est acide et peu minéralisée. L'eau circulant dans les sols calcaires contient du bicarbonate de calcium.

Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont acides et peu minéralisées. Parmi les caractéristiques de ces eaux, il faut retenir une faible turbidité, une température et une composition chimique constantes, dureté souvent élevée, concentration élevée de fer et de manganèse, l'absence presque générale d'oxygène.

Cependant, dans le cas d'aquifères en milieu fermé, principalement karstiques, on peut noter des changements brusques dans la composition de l'eau, avec apparition de turbidité et de différents types de pollution. Ces variations sont liées au ruissellement des eaux souterraines provoqué par les précipitations. En outre, les eaux souterraines sont souvent d'une grande pureté bactériologique [2-5].

Tableau I.1: Principales différences entre eaux de surface et eaux souterraines [5].

Caractéristique	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant saisons	Relativement constante
Turbidité	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humique...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fer et Manganèse dissous	Généralement absents	Généralement présents
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée

Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Éléments vivants	Bactéries, virus	Ferro-bactéries fréquentes

I.2.3 Eaux de mer et eaux saumâtres

Les mers et les océans sont de grands réservoirs d'eau. Elles représentent près de 97.4 % du volume d'eau existant actuellement sur notre planète, le reste est la part des eaux continentales (eaux souterraine et superficielles). Lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce, il est parfois nécessaire de recourir à des eaux de mer ou même les eaux saumâtres. Pour dessaler ces eaux, les principales techniques sont à membranaire : l'électrodialyse ou l'osmose inverse. Mais elles sont coûteuses et consomment beaucoup d'énergie [3].

Les eaux de mer et les eaux saumâtres sont caractérisées par leurs concentrations en sel dissous, c'est ce qu'on appelle leur "salinité". La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g/l, par contre les eaux saumâtres ont une salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g/L de sels. Ce sont parfois des eaux de surfaces mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés [4].

I.3. Pollution des eaux

La pollution de l'eau peut être définie comme sa dégradation par les éléments qu'elle accumule lors de son utilisation. Ces éléments indésirables proviennent des excréments chimiques, des rejets provenant d'industries divers, du lessivage des terrains traversés.

Le problème de la pollution de l'eau est sans doute l'un des aspects les plus préoccupants de la dégradation du milieu naturel.

I.3.1 Origine de la pollution

I.3.1.1 L'industrie

Les activités industrielles rejettent de grandes quantités de substances qui polluent les rivières et les eaux souterraines, parfois si graves que les effets à long terme sont inconnus [6].

Les déchets industriels contiennent divers produits sous forme insoluble ou dissoute, d'origine minérale et/ou organique, plus ou moins biodégradable et parfois toxique même à de très faibles concentrations.

I.3.1.2 L'agriculture

Utilisant des engrais chimiques azotés et phosphorés, des produits phytosanitaires pour protéger les plantes, ces produits sont parfois toxiques lorsqu'ils sont utilisés en excès, contaminant ainsi, par infiltration, les eaux de surface et les souterraines [7].

I.3.1.3 Pollution domestique

Nos eaux usées urbaines sont constituées de matière organique biodégradable certes mais de grandes consommatrices d'oxygène, de germes pathogènes et de produits chimiques [8].

I.3.1.4 Pollution par les eaux pluviales

Il ne faut pas oublier par ailleurs la pollution générée par les eaux pluviales. L'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles).

I.3.1.5 Pollution d'origine naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement causent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Les composés inorganiques tels que le baryum, l'arsenic, le fluorure, le sodium, le chlorure, le mercure, le cadmium et le cyanure peuvent contaminer l'eau potable. Les eaux souterraines sont particulièrement vulnérables à la présence de métaux dans les formations géologiques environnantes [7].

I.3.1.6 Pollution par des substances associées au traitement de l'eau

La chloration de l'eau pour la rendre potable est un procédé largement utilisé et reconnu efficace. La chloration est même considérée par les experts comme étant l'une des plus importantes initiatives de santé publique du XXe siècle.

Cependant, bien qu'il soit efficace pour contrôler principalement les virus et les bactéries, le chlore, en présence de matières organiques, entraîne la formation de plusieurs sous-produits de chloration (SPC) potentiellement cancérigènes comme par exemple les trihalométhanés (THM).

Le sulfate d'aluminium est un produit utilisé pour coaguler les substances présentes dans l'eau. L'eau ainsi traitée a une concentration en aluminium plus élevée que l'eau non traitée. La toxicité de l'aluminium a été étudiée en relation avec la maladie d'Alzheimer qui influe sur la mémoire et le comportement des personnes atteintes.

I.2.2 Les principaux polluants des eaux naturelles :

I.2.2.1 Polluants physiques :

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension.

a. Les éléments grossiers :

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont généralement : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

b. Les sables :

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2,5 à 2.6 g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation .[9]

c. Les matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très diverses tant par leur nature que leur dimension .Elles sont constituées de quartz, d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux .

Selon leur dimension : Les états dispersés que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent de l'état dissout, notamment par les dimensions particulaires. La Figure (I.1) donne en première approximation, une échelle de dimensions particulaires et les états correspondants.[10]

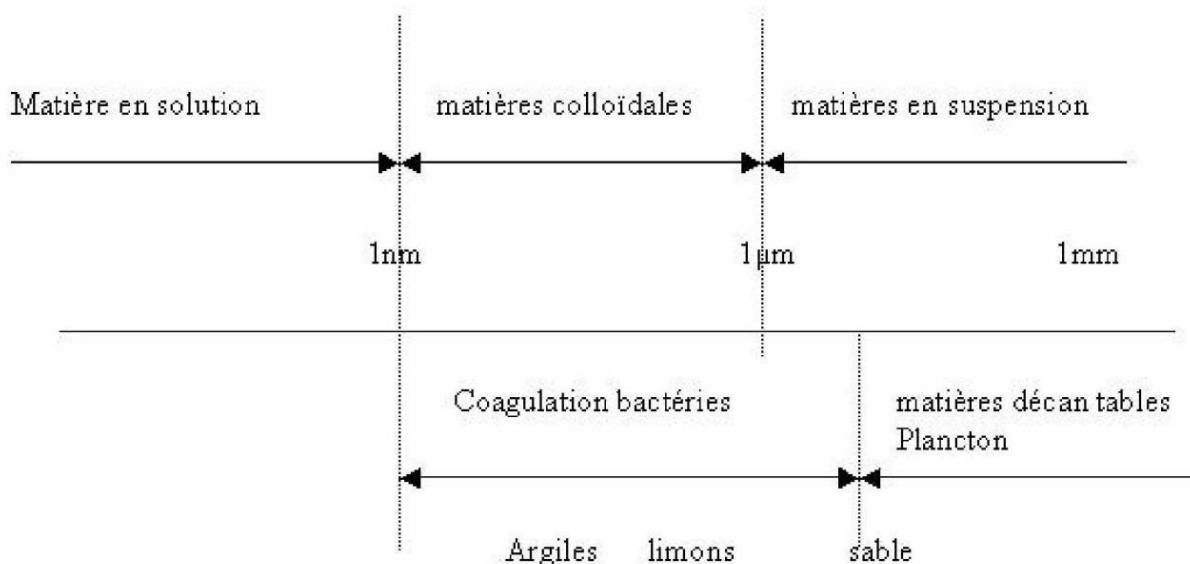


Figure I.1 : Etats dispersés- états dissous. D'après [11]

Selon leur nature : La nature des matières solides en suspension peut être soit minérale soit organique.

Les polluants minéraux constituent une gêne physique pour l'environnement mais n'évoluent pas dans le temps. Les rejets minéraux colmatent les sols sur lesquels ils sont évacués aboutissant ainsi à l'asphyxie de ce sol ou contribuent à une pollution par leur volumes (dépôts) ainsi que les polluants organiques évoluent qui ont besoin d'oxygène et qui dégageront des odeurs par

putréfaction dans ce cas les métabolismes continuent créant des besoins et occasionnant des rejets qui gênent l'environnement ces éléments doivent être traités avant leur évacuation.[12]

I.2.2.2 Polluants chimiques :

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources. On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- Les éléments chimiques minéraux.
- Les éléments chimiques organiques.

a. Les éléments chimiques minéraux :

L'eau étant un très bon solvant permettra la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact.

La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution dont les plus représentatives sont :

- La température

L'évolution de la température dépend du mode d'utilisation de l'eau avant son rejet et surtout le parcours de l'eau avant l'exutoire ou la station d'épuration. En général l'eau doit être évacuée vers l'environnement à des températures inférieures à 30°C une eau plus chaude constitue une pollution.[13]

- Le pH

Le pH d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H⁺ ou OH⁻ une eau équilibrée aura un pH neutre de 7. Des variations trop élevées du pH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité sont polluées.[13]

- Les sels :

Dans beaucoup de procédé de production ainsi que lors de l'élaboration des matières, il se forme parfois des sels en grandes quantités, avant tout des chlorures, des nitrates, des sulfates et des phosphates, qui ont une grande importance vis-à-vis l'environnement .

-Les nitrates (NO₃) :

les nitrates sont présents naturellement dans les eaux, les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates dans les ressources. Les nitrates se transforment en nitrite dans l'estomac. Ces nitrites peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine, impropre à fixer l'oxygène.

Ce phénomène est à l'origine de cyanoses, notamment chez les nourrissons. La consommation d'eau chargée en nitrates ou nitrites par la femme enceinte ou le nourrisson peut constituer un risque pour le nouveau-né.[15]

-Les chlorures :

en plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes pour l'agriculture.[9]

- Les sulfates (SO₄⁻²) :

en plus des inconvénients qui caractérisent les chlorures, les sulfates participent aux métabolismes des bactéries contenues dans l'eau, les bactéries sulfato-réductrices transforment les sulfates en sulfures avec dégagement de gaz sulfureux (œufs pourris) créant des désagréments à l'environnement.[9]

- **Les métaux lourds :**

Les métaux lourds, qui parviennent dans les eaux, font partie des polluants de l'eau, les métaux lourds exemple dans les sédiments.[14]

I.2.2.3 Polluants microbiologiques :

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

I.3 Récapitulation :

En conclusion nous avons regroupé les différents polluants dans le tableau ci-dessous.

Tableau I.2: Les différents polluants.[16]

Matières physiques	PH, MES, Température
Matières minérales	Résidu sec, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , Cl^-
Matières organiques	Oxygène dissous, DBO ₅ , DCO, Matière organique
Matières azotées	NH_4^- , NO_2^- , NO_4^-
Matières phosphorées	PO_4^{3-}

I.4. Normes de potabilité des eaux de consommation

Elles résultent de travaux scientifiques, basés sur des expérimentations, généralement sur des animaux, ou résultent de données épidémiologiques, déterminant la dose maximale acceptable (DMA) ou tolérable (DMT) (quotidienne, hebdomadaire, etc.).

Il s'agit de la quantité de telle ou telle substance qu'un individu est réputé pouvoir absorber sans danger quotidiennement tout au long de sa vie. La quantité maximale apportée par l'eau est calculée, et on y ajoute une marge de sécurité car on peut être exposé à des pics, ou certaines personnes sont plus sensibles aux toxiques éventuellement présents dans l'eau.

I.4.1. Tableaux des normes de potabilités

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur qui permet de protéger la santé des personnes dont les plus fragiles. Les tableaux I.3, I.4, I.5, I.6 et I.7 présentent les normes OMS et les normes Algériennes de qualité de l'eau potable.

Tableau I.4. Normes OMS et algériennes des paramètres physique pour l'eau potable .

groupes de paramètres	Paramètres	Unité	Normes OMS 2006	Normes algériennes 2011
Paramètres physiques	PH	PH	$6.5 \leq PH \leq 9.5$	$6.5 \leq PH \leq 9.5$
	Turbidité	NTU	5	5
	Conductivité à 20°C	$\mu S/cm$	<2100	<2800
	Température	°C	25	25

Tableau I.4. Normes OMS et algériennes des paramètres organoleptiques pour l'eau potable .

Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l de platine	15	15
	Saveur	Taux de dilution à 25°C	4	4
	Odeur	Taux de dilution à 12°C	4	4
	Arsenic	mg/l	0,01	0,01

	Cadmium	mg/l	0,003	0,003
	Chrome	mg/l	0,5	0,5
	Cyanure	mg/l	0,07	0,07
	Mercure	mg/l	0,006	0,006
	Sésium	mg/l	0,01	0,01
	Plomb	mg/l	0,01	0,01
	Antimoine	mg/l	0,02	0,02
	Fer	mg/l	0,3	0,3
	Manganèse	mg/l	0,4	0,05

Tableau I.5. Normes OMS et algériennes des éléments indésirables pour l'eau potable .

Eléments indésirables	Aluminium	mg/l	0,2	0,2
	Cuivre	mg/l	2	2
	Ammonium	mg/l	0,5	0,5
	Argent	mg/l	0,05	0,1
	Fluorures	mg/l	1,5	1,5
	Nitrates	mg/l	50	50
	Nitrites	mg/l	0,2	0,2
	Zinc	mg/l	3	5
	Bore	mg/l	0,5	1
	Pesticides	mg/l	non mentionnées	0,0001
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires	mg/l	0,0001	0,0002
	THM (Trihalométhanes)	mg/l	0,004	0,1

Tableau I.6. Normes OMS et algériennes des minéralisation globale pour l'eau potable .

Minéralisation globale	Calcium	mg/l	100	200
	Chlorure	mg/l	250	500
	Magnésium	mg/l	50	50
	Dureté	mg/l de CaCO ₃	200	200
	Sodium	mg/l	200	200
	Potassium	mg/l	12	12
	Sulfate	mg/l	500	400

Tableau I.7. Normes OMS et algériennes des paramètres microbiologiques pour l'eau potable

Paramètres microbiologiques	coliformes totaux et fécaux	nb/100 ml	0	0
	Streptocoques fécaux	nb/100 ml	0	0
	Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100 ml	0	0

	Staphylocoques pathogènes	nb/100 ml	0	0
	Spores des bactéries	nb/20 ml	0	0
	Bactéries sulfitoréductrices et spores	nb/100 ml	0	0
	Escherichia coli et entérocoques	nb/100 ml	0	0
	Pseudomonas aeruginosa	nb/100 ml	0	0
	Enterococci	nb/100 ml	0	0

I.5. Conclusion

Quelle que soit l'origine d'une eau, sa destination à la consommation humaine engage un traitement. La nature du traitement à adopter (physique ou chimique) et le choix des étapes de traitement à appliquer sont conditionnés par les caractéristiques initiales de l'eau brute à traiter.

CHAPITRE 2

II. 1-Introduction :

Quelle que soit l'origine d'une eau, sa destination à la consommation humaine engage un traitement. Ils seront développés dans ce chapitre qui donne une revue globale sur les procédés de traitement des eaux de surfaces. Il convient de signaler que la nature de l'ensemble des traitements ont déterminé par les caractéristiques de l'eau brute.

II.2. Procédés de traitement de l'eau

Par rapport à l'eau souterraine, l'eau de surface présente habituellement une plus grande variabilité en ce qui concerne la qualité. Elle est également plus vulnérable à la contamination, autant biologique que chimique.

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps et dans l'espace. Les installations de traitement de l'eau de surface sont souvent plus complexes que celles qui traitent l'eau souterraine. Pour ces raisons, la recherche en eau de surface n'est souvent pas la première activité d'un projet [16]. Les principales étapes de traitement d'une eau de surface sont :

a. Le prétraitement

Les eaux subissent une étape de prétraitement sur le site de captage avant d'être conduites vers l'unité de traitement. Le prétraitement consiste à faire un dégrillage afin d'éliminer les particules de grosse taille, les branches, le sable...[19]

b. Le dégrillage

Dès sa prise, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les éléments grossiers (corps flottants et gros déchets tel que des branchages et des cailloux). L'installation de dégrillage se compose: d'un canal, de la grille, du dégrilleur et d'une benne pour les déchets. L'espacement entre les barreaux des grilles est soit plus de 3 cm (dégrillage grossier) ou de moins de 3 cm (fin) [20].

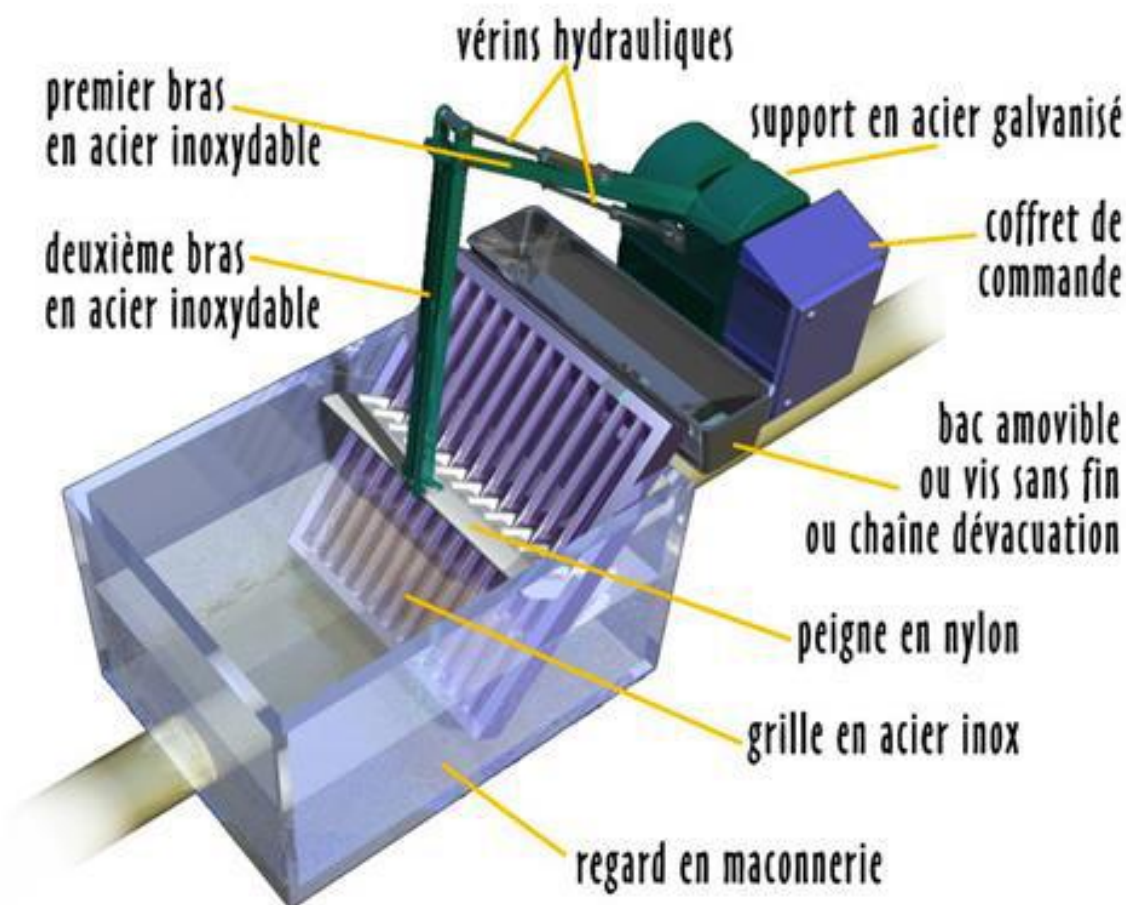


Figure II.2 : Dégrilleur. [20]

- ✓ Différents types de dégrillage sont définis selon l'espacement des barreaux.

- Dégrillage fin (< 10 mm).
 - Dégrillage moyen (10 – 30 mm).
 - Pré – dégrillage (30 – 100 mm).
 - ✓ Les dégrilleurs sont généralement installés :
 - en amont des bassins de retenue ;
 - en amont des ouvrages de traitement au fil de l'eau (dessableurs, déshuileurs...) notamment en zone urbanisée où les déchets sont en abondance dans les eaux recueillies.
 - ✓ Le classement des dégrilleurs peut s'effectuer selon leur système d'évacuation des déchets :
 - les grilles manuelles qui doivent être nettoyées à la main très régulièrement ;
 - les grilles mécaniques qui sont équipées d'appareils assurant leur nettoyage automatique.
- [20]

a. Le micro-tamissage :

Ce procédé consiste en un filtrage plus fin de l'eau à travers une toile de fils ou de fibres ou à travers une membrane poreuse. Les particules organiques, minérales et le plancton sont interceptés si leur taille est supérieure à celle des ouvertures du micro-tamis. Celui-ci n'améliore, ni la turbidité causée par de fines particules, ni la couleur de l'eau ; les argiles, les substances dissoutes, les éléments colloïdaux minéraux et organiques ne se trouvant pas arrêter.

Un système à nettoyage automatique est requis pour éliminer les MES retenues lorsque l'eau traverse les micro-tamis.

La conception de cet équipement doit tenir compte des points suivants :

- Le micro-tamis est conçu pour retirer des solides spécifiques (des algues par exemple). Le diamètre des ouvertures du tamis doit être choisi en fonction de cet usage particulier.
- Une attention doit être apportée au choix du matériau formant le tamis pour éviter des problèmes de corrosion.
- Si une désinfection est requise en prétraitement, il faut tenir compte de l'effet de l'ajout du désinfectant sur les tamis ;
- Il faut prévoir des ouvrages permettant de contourner chaque unité ;
- La récupération des matières retenues par les tamis et leur disposition est à examiner. [20]

b. Coagulation-floculation :

Les particules colloïdales sont la cause principale de la turbidité et la couleur de l'eau dont le diamètre est inférieure à 1 µm et sa déposition est très lente. Ces particules peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes et ils peuvent même traverser un filtre très fin. D'une autre, leur concentration est très stable donc ils ne peuvent pas s'accrocher les unes aux autres.

Dans les eaux de surfaces, on peut trouver les impuretés solides en suspension soit chimiquement et biologiquement neutres (argiles et limons, qui constituent la turbidité, colloïdes qui donnent une couleur indésirable) mais désagréable au goût et à la vue, ou bien nuisibles (déchets, corps organiques en voie de transformation).

On élimine ces matières par des procédés coagulation et de floculation, en ajoutant des réactifs.

✓ Les particules colloïdales :

Les particules colloïdales sont soit hydrophiles, soit hydrophobes. Les particules hydrophiles déshydratées se dispersent spontanément dans l'eau et sont entourée de molécules d'eau qui préviennent tout contact ultérieur entre ces particules. Les particules hydrophobes ne sont pas entourées de molécules d'eau ; leur dispersion dans l'eau n'étant pas spontanée, on doit la faciliter à l'aide de moyens chimiques ou physiques.

Les particules hydrophobes sont en général des particules de matières inorganiques, alors que les particules hydrophiles sont des particules de matières organiques. En fait, peu de particules sont exclusivement hydrophobes ou hydrophiles ; on retrouve plutôt des particules hydratées à différents degrés. [20]

✓ **Charges électriques et double couche :**

Dans une eau de surface, les particules colloïdales possèdent habituellement une charge électrique négative située à leur surface. Ces charges, dites primaires, attirent les ions positifs en solution dans l'eau, lesquels adhèrent fortement à la particule et attirent à leur tour des ions négatifs accompagnés d'une faible quantité d'ions positifs. [20]

✓ **Coagulation :** élimine les colloïdes responsables de la turbidité telles que les particules d'argile, certaines bactéries et d'autres matières organiques. La charge électrique et la couche d'eau qui entourent les particules hydrophiles servent à les stabiliser dans la solution. Donc pour leurs déstabilisations, on ajoutant des réactifs chimiques qui s'appellent des coagulants avec l'agitation rapide.

➤ **Coagulants utilisés :**

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules et pour produire un floc sont des électrolytes minéraux à poly-cations. Les plus utilisés sont :

- le sulfate d'alumine $Al_2(SO_4)_3$
- l'aluminate de sodium $NaAlO_2$
- le chlorure d'aluminium $AlCl_3$
- le chlorure ferrique $FeCl_3$
- le sulfate ferrique $Fe_2(SO_4)_3$
- le sulfate ferreux $FeSO_4$
- le sulfate de cuivre $CuSO_4$
- et les poly-électrolytes.

Les critères de choix d'un coagulant sont nombreux. Son efficacité à réduire la couleur, la turbidité et les matières organiques d'une eau est essentielle. [20] Le coagulant le plus souvent utilisé est le sulfate d'aluminium (ou alun).

✓ **floculation :**

C'est un processus lors duquel les produits de la coagulation sont conçus pour former des "flocs" de taille et de poids suffisant pour permettre leur élimination par sédimentation ou filtration [21]. Une fois déstabilisées, les particules colloïdales ont tendance à s'agglomérer au contact les unes des autres, formant des particules colloïdales microscopiques puis des particules colloïdales plus grosses et décantables. Le taux d'agglomération des particules dépend de la probabilité des contacts et de l'efficacité de ces derniers. Le but de la floculation est d'augmenter la probabilité de contact entre les particules, provoquée par la différence de vitesse entre ces particules.

e. La décantation

En soumettant l'eau à un ralentissement important ou à un repos relatif suffisamment long, il est possible de la débarrasser d'une fraction substantielle de sa charge de matières en suspension. En éliminant les turbulences, les particules en suspension plus lourdes que l'eau se déposeront. Cette opération est plus communément appelée : la décantation.

La décantation, procédé utilisé dans la plupart des stations de traitement, vise à éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements en amont de la décantation ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du décanteur et de là elles sont périodiquement extraites. L'eau clarifiée, située près de la surface, est dirigée vers le filtre.

La technique de décantation a évolué depuis les décanteurs statiques (circulaires ou rectangulaires, raclés ou non raclés...) jusqu'aux appareils modernes qui possèdent une zone de réaction où l'on met en contact l'eau brute et ses réactifs avec les boues déjà existante : on trouve là les appareils à circulation des boues et les appareils à lit de boues. Les derniers développements dans ce domaine ont donné naissance au cyclofloc, lit fluidisé et activeloc. La dernière technologie est capable de produire 40 m³ d'eau par m² et par heure [16].

- Classification des matières décantables :

On distingue deux types de matières décantables :

- Les particules granulaires conservent la même taille pendant la chute et se déposent indépendamment les unes des autres à une vitesse de chute constante.
- Les particules coalescentes s'agglomèrent pendant la sédimentation, on distingue : la décantation diffuse et la décantation en piston.

- Type de décantation :

- La décantation diffuse: lorsque la concentration en matières en suspension (MES) est faible, le floc dispersé décante comme s'il était seul, sa vitesse de chute augmente au fur et à mesure que d'autres particules plus fines s'y agglomèrent ;
- La décantation en piston: lorsque la concentration en MES est élevée, on a une décantation d'ensemble des floccs qui sont freinés au cours de leur chute [16].

type de particules	diamètre(mm)	temps de décantation pour 1m d'eau
graviers	10 000	1 s
sables	1 000	10 s
sables fins	100	2 min
argiles	10	2 h
bactéries	1	8 j

Tableau II.8 : Temps de sédimentation pour différentes particules, d'après la loi de Stokes (Degremont, 1989) [16]

Type de particules	Diamètre (mm)	temps de décantation pour 1m d'eau
graviers	10 000	1 s
sables	1 000	10 s
sables fins	100	2 min
argiles	10	2 h
bactéries	1	8 j

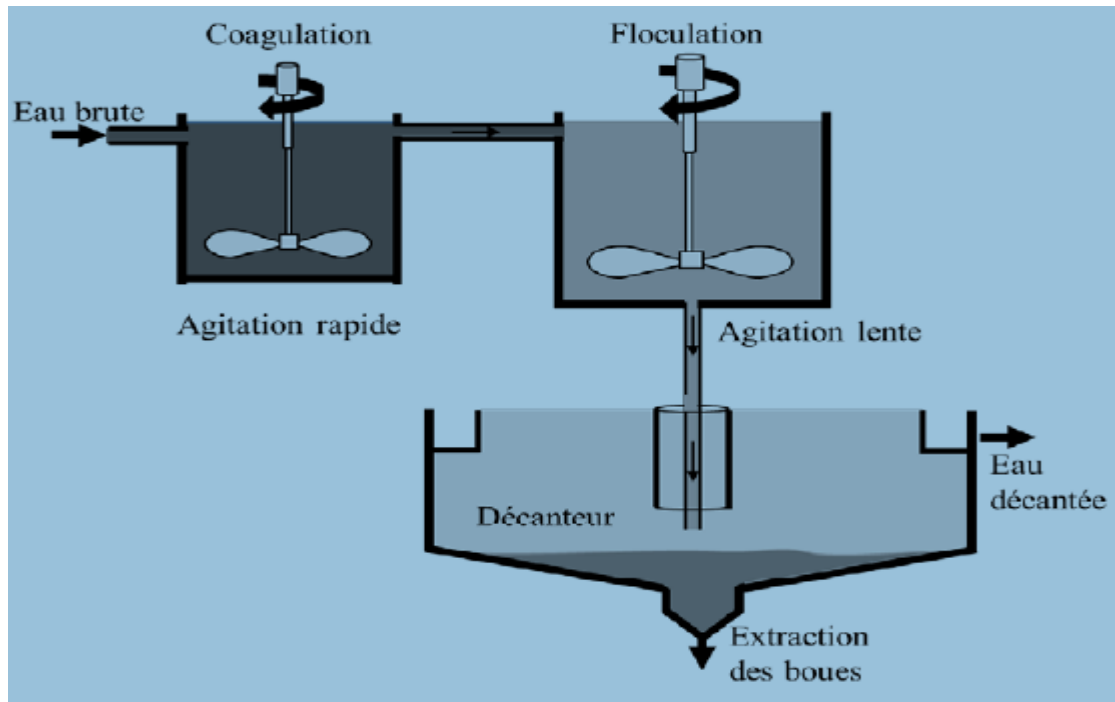


Figure II.3 : Procès de la coagulation/floculation et décantation. [20]

c.

L'adsorption :

L'adsorption est un phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide. Ce phénomène est utilisé pour "récupérer" des molécules indésirables de fluide (liquides ou gazeuses) dispersées dans un solvant.

L'adsorption est favorisée :

- pour l'adsorbant, par une faible granulométrie (la taille des grains doit être proche de la taille moléculaire), donc une grande surface spécifique (la surface accessible aux solutés doit être maximale),
- pour l'adsorbé, une masse moléculaire élevée.

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif, obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées, puis activées (on dégage les cavités remplies de goudron lors de la carbonisation). Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre (on obtient des pores de quelques μm de dimension), soit sous forme de grain. Le charbon actif peut être régénéré (par désorption) selon trois procédés (à la vapeur, thermique, chimique). Le charbon actif utilisé possède une grande surface d'adsorption d'environ $900\text{m}^2/\text{g}$. L'adsorption est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air.

Pour le traitement de l'eau, on utilise en général du charbon actif en grains, en raison des possibilités de réactivation. L'adsorption sur charbon actif est destinée à traiter des matières organiques réfractaires, ne se trouvant pas en quantité trop importante, car cela saturerait trop rapidement les surfaces adsorbants et nécessiterait une régénération coûteuse et fréquente. L'adsorption sur charbon actif intervient au niveau tertiaire dans les chaînes de traitement des eaux (pour l'affinage), ou pour extraire des métaux lourds d'eaux résiduaires industrielles. [20]

d. La filtration :

La filtration est une méthode classique de séparation des particules physiques qui consiste à faire passer un liquide qui contient des matières solides en suspension à travers un milieu poreux. Elle permet d'éliminer divers types de particules et microorganismes.

La filtration est réalisée sur sable, adsorbant (charbons actifs en grains) ou sur membranes (micro-filtration, ultrafiltration, nano filtration). Les procédés de filtration sont classés en fonction de leur seuil de coupure, qui correspond au diamètre apparent des pores du filtre.

e. La désinfection :

La désinfection constitue une étape importante en technologie de l'eau. Qui permet à détruire ou d'éliminer les microorganismes, parasites et toxines susceptibles de transmettre des maladies. Elle peut être induite par un rayonnement ultraviolet, comme la lumière du soleil ou des rayons UV artificiels. La chloration est la méthode la plus utilisée par les ménages dans le monde pour désinfecter l'eau de boisson.[21]

II.3. Stockage de l'eau traitée :

Les stations de traitement d'eau potable doivent disposer d'une réserve pouvant être alimentée pendant plusieurs heures pour éviter les pénuries d'eau en cas de problème technique. Le stockage présente également un temps de contact important permettant au chlore (ou l'eau de javel) de réagir avec l'eau [16].

CHAPITRE 3

III. 1-Barrage de Hammam Boughrara :

III. 1-1Présentation de barrage Hammam Boughrara :

Le barrage de Hammam Boughrara est l'un des 11 barrages qui se trouvent à l'extrême Ouest de l'Algérie Nord Occidentale, à proximité (11 Km) de la ville de Maghnia ville frontière avec le Maroc, à 60 Km à l'ouest de Tlemcen et à 150 Km au sud-ouest de la ville portuaire d'Oran.

Le but de ce barrage est de mobiliser les eaux des Oueds de la région, son bassin versant a une superficie d'environ 4000 Km². Il a été mis en eau le 11 Octobre 1998, il a une capacité totale de 177 millions de m³ d'eau.



Figure III-01: Situation géographique du barrage Hammam Boughrara[Google Earth].

III.2-Station de traitement Hammam Boughrara :

III. 2-1 –Présentation de la station de Hammam Boughrara :

La station du traitement qui a été conçue en 2004, se situe juste à côté de barrage de Hammam Boughrara d'une surface totale de 8335 m². Elle est sous la direction d'ADE. Elle a été dimensionnée pour traiter les eaux brutes du barrage.

La station assure une alimentation en eau potable de la ville de Maghnia par un transfert de 13 Km du long de barrage de Hammam Boughrara, aussi à les localités avoisinantes. Le débit d'eau brute entrant dans la station est de 2200 m³/h. L'usine produira plus de 50 000 m³ d'eau potable par jour avec un fonctionnement prévu de 24h/24h.



Figure III-02: Station de Hammam Boughrara

III. 2-2-Description du processus :

L'eau de réservoir du barrage s'écoule par gravité jusqu'à la station de traitement à travers une conduite principale en acier protégé par l'époxy zinc de taille DN 1400.

Avec une différence d'altitude entre le niveau le plus élevé d'eau du barrage (305 m) et le niveau de la chambre d'entrée d'eau de la station (269m), on obtient une pression hydrostatique d'eau brute entrante de 3.6 bar.

De ce tuyau principal, une jonction DN800 conduit à la brise de charge, équipée d'une vanne papillon manuelle installée dans un puisard en béton à l'avant de l'installation d'entrée (brise de charge), et qui sert à couper l'arrivée d'eau brute en cas d'urgence ou bien pour des travaux de réparations.

L'entrée de la chambre de réception de l'eau brute comporte une vanne à centrage automatique motorisée de DN 500 avec un disque de réflexion monté à l'intérieur d'un cône placé en haut du tuyau de sortie vertical (jet d'eau). Cette vanne sert à la régulation de la pression et du débit de l'eau brute.

Toutes les installations en aval se trouvant après la brise de charge sont disposées de façon à permettre un écoulement gravitaire sans le moindre pompage avec une pression d'eau à travers toutes ces installations est moins de 0.5 bar.

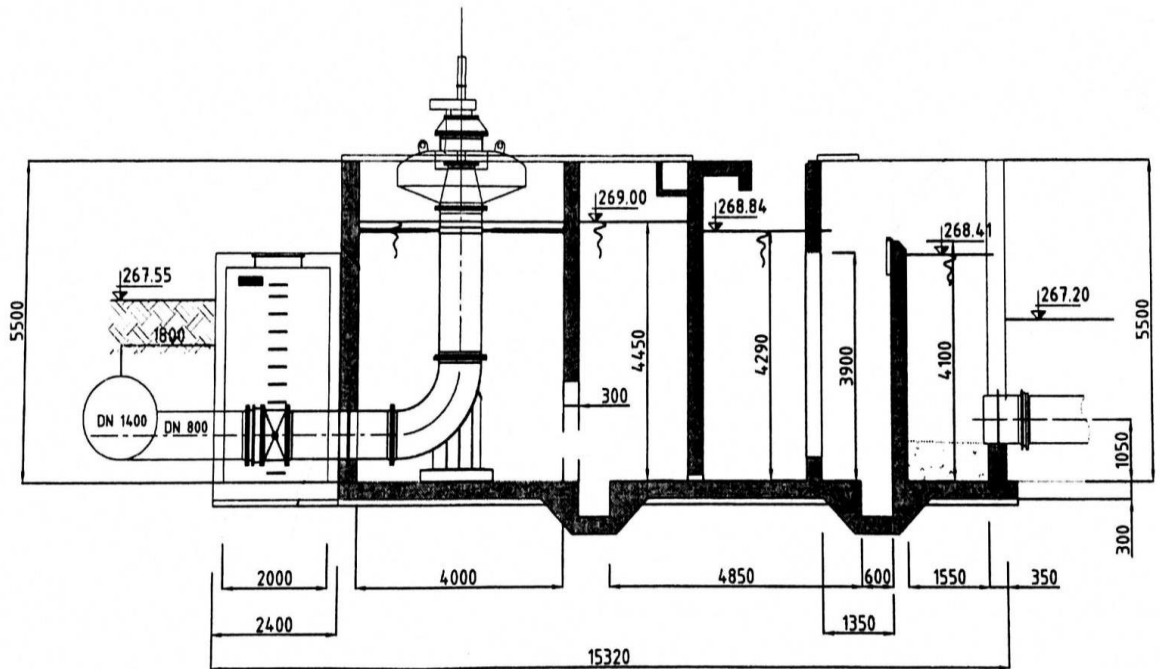
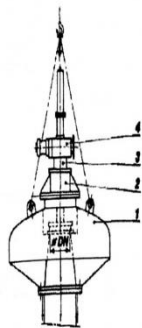


Figure III-03 : Installation d'entrée (brise de charge) avec obturateur à disque.
a. La brise de charge :

C'est une vanne à disque auto-centreur est placée à l'extrémité de la conduite de raccord du barrage ; pour but d'une dissipation de l'énergie de l'eau brute de 3.6 bar jusqu'au 0.45 bar à l'aide d'un obturateur à disque. Son fonctionnement de la synthèse de fermeture repose sur le jet d'eau lui-même, ce système abrite un disque plat relié à une barre articulée en son extrémité supérieur.



- 1 Corps
- 2 Support
- 3 Boîte à écrou
- 4 Actionneur (électrique)

Figure III-04 : Brise de charge (Manuel de la station. 2006)

Tableau III-09 : Caractéristiques techniques de l'Obturateur à disque.

Type	auto-centreur
Fabricant	ALSTOM
Modèle	DN500 Hs40
Débit d'entrée par vanne	2200 m ³ /h

Pression max d'entrée hydrostatique	3.5 ... 4.0 bar
Diamètre tuyau, raccord d'entrée	DN 800
Diamètre tuyau, sortie de jet	DN 500
Mode d'opération :	
-automatique	via entrainement électrique
-manuel	volant à main et engrenage

b. Tamis rotatif :

C'est un système de pré-filtration qui sert à retirer toutes les particules grossières de taille supérieure de 1.4 mm avec un système automatique de dé colmatage du tamis. L'eau passe de la chambre d'entrée de la brise de charge vers une deuxième chambre où le tamis rotatif motorisé, sous un mur submergé.

Dans la chambre de la sortie qui suit le tamis, il y'a un système d'injection d'hypochlorite de calcium pour la désinfection de l'eau brute.



Figure III-05 : Le tamis rotatif (Manuel de la station 2006).

Tableau III-10 : Caractéristiques techniques du tamis rotatif.

Type	automatique et auto nettoyant
Fabricant	Perrier Sorem
Modèle	NCA 6/38
Débit d'entrée par tamis	2200 m ³ /h
Concentration max de matières en suspension	500 mg/l

Granulométrie des particules retenues	1.4 mm
Nombre d'éléments filtrants	38
Vitesse d'écoulement a travers du tamis	0.15 m/s
Vitesse d'écoulement à la sortie du tamis	1.1 m/s
Débit de rinçage	8 m ³ /h
Perte de charge de la grille propre	0.03 m.c.e
Perte de charge enclenchant le lavage	0.15 m.c.e
Puissance nominale moteur	1.1 kW
Alimentation électrique	3 - 400V ,50Hz

c. La chambre d'analyses :

De tamis rotatif, l'eau s'écoule dans une conduite de DN 800 vers une chambre qui contient des détecteurs pour voir les paramètres physico-chimiques de cette eau, comme le pH, la turbidité et la conductivité. Ces paramètres influent sur le procès, car selon les nombre afficher en connait la quantité du coagulant ajouté plus le nombre de filières mise en service.

Dans cette section de tuyau, on trouve un système d'injection de soude caustique qui sert à l'augmentation de PH de l'eau brute pour une meilleure précipitation des métaux lourds et du phosphate.

L'eau s'écoule après à travers deux jonctions en DN 600 vers les deux chaines de traitement respectives dont lequel un débitmètre magnétique à induction (DN 500) est installé pour la surveillance en permanence de débit vers les deux chaines de traitement individuelles.

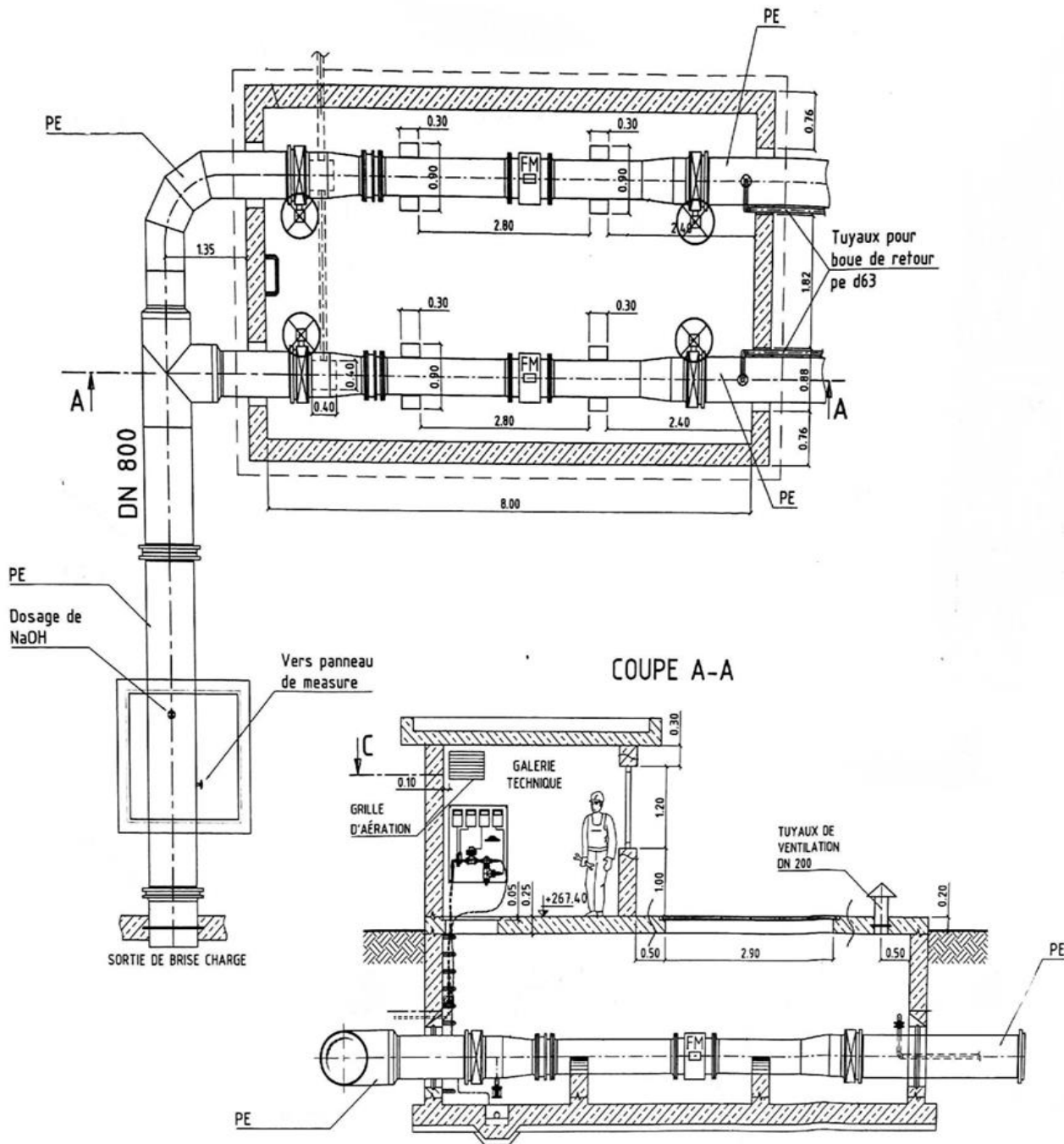


Figure III-06 : Tuyauterie de raccord entre l'installation d'entrée et les deux chaines de traitement.

d. Bassin de coagulation :

A travers le tuyau DN600, l'eau s'écoule de la chambre de mesures par gravité dans les deux bassins de coagulation respective. Chaque bassin avec un mélangeur rapide vertical (64tr/min), et d'un débit de 1100 m³/h avec un temps de rétention égal à 3min.

Une Injection au chlorure ferrique : FeCl₃(coagulant) pour favoriser la formation de micro floccs. Cette injection est assuré par deux pompes doseuses et deux réservoirs de stockage de chlorure ferrique sous la forme d'une solution. La dose spécifique du coagulant est déterminée par des tests de jar-test répétés lors de la phase initiale de fonctionnement.



Figure III-7: Bassin de coagulation (Manuel de la station. 2006).

Tableau III-11 : caractéristiques techniques de bassin de coagulation.

Bassin	caractéristiques
Nombre	02
Débit d'une seule chaîne	1100 m ³ /h
Dimension hors tout	4x 4 x 3.6 m
Volume de rétention	55m ³
Durée de rétention	3 minutes

Un mur déversant avec un plateau de déversoir réglable manuellement trouvé à la sortie de chaque réservoir de coagulation sert à la régulation du débit. Un polymère est injecté dans les compartiments des déversoirs pour améliorer l'agglomération des composés déstabilisés et à générer des floccs de grandes tailles dans les étapes suivantes du processus.

Figure III-08 : l'ajout de polymère.

e. Bassin de floculation :

A partir des bassins de coagulation, l'eau s'écoule dans les deux réservoirs de floculation. Chaque réservoir est constitué de deux chambres de réaction séparées au moyen d'un déversoir et ils ont dimensionnée pour un débit de 1100 m³/h avec un temps de rétention de plus de 15 minutes et un mélangeur vertical lent (20 tr/min) est installé dans chaque chambre de réaction pour but d'un bon mélange et une élimination dans l'étape de décantation.

Le but de cette étape c'est que les particules colloïdales réagissent avec le polymère injecté et produit des floccs.



Figure III-09 : Sortie du bassin de floculation (Manuel de la station. 2006).

f. Bassin de décantation :

A partir de réservoirs de floculation, l'eau s'écoule vers deux bassins clarification chacun avec un ensemble de plaques lamellaires. Il y a une combinaison d'un réservoir de sédimentation et d'un épaisseur de boue. La section rectangulaire supérieure du clarificateur comportera 11 rangées de blocs de plaques légères inclinées, fabriquées en PPTV approuvé pour l'eau potable. Chaque décanteur contient des plaques lamellaires plus d'un racloir de fond à rotation lente pour la récolte des floccs et des boues décantées dans l'entonnoir au fond. Quatre pompes à boue : deux par filière, une opérationnelle + une de réserve, sont connectées à l'entonnoir de fond pour l'extraction des boues décantées.

La dimension et le nombre de plaques sont choisis pour garantir une vitesse moyenne d'environ 0.6 m/h et obtenir une décantation hautement efficace et à contre-courant des grosses particules. Les rangées auront des canaux d'alimentation et d'évacuation communs, conçus pour que le débit se répartisse de même façon. L'exécution de la partie inférieure de la clarification en dessous des plaques de décantation est sous forme de réservoir conique avec des parois se resserrant vers le bas, conçu pour permettre la rétention, l'épaississement initial et l'enlèvement des boues de décantation. Les boues provenant de la trémie inférieure seront évacuées par gravité dans un système de tuyaux connectés, auquel sont raccordés les 2 clarificateurs. 20% de boues sont recyclés et renvoyées à l'entrée des réservoirs de coagulation sous forme de boue de contact et 80% sont rejetés à l'oued.

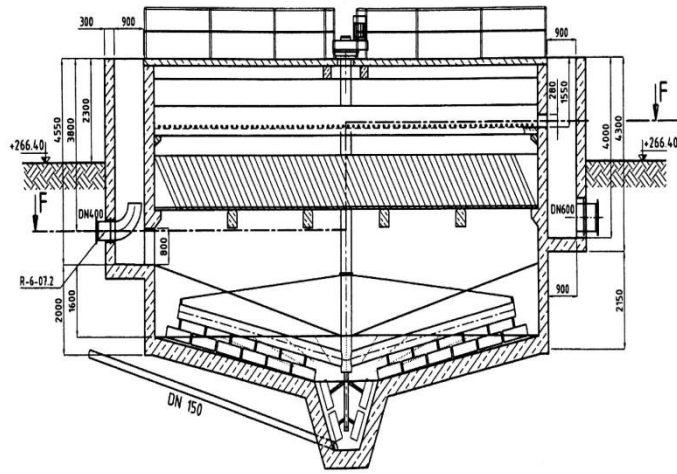
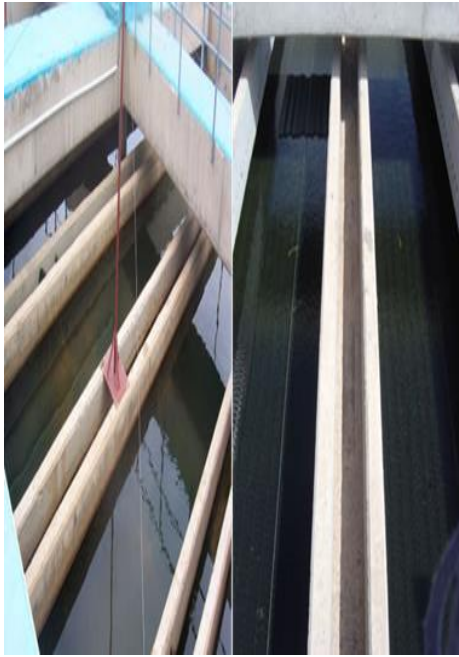


Figure III-10 : Bassin de décantation (Manuel de la station. 2006).

g. Bassin de nitrification :

Après le passage par les bassins de décantation, l'eau passe par gravité dans une conduite de DN 600 vers le bassin de nitrification. Le but de cette étape est l'élimination d'Ammonium NH_4 de l'eau et la diminution des Nitrites et Nitrates présents dans l'eau brute.

Le processus de nitrification est nécessaire pour l'oxydation de l'azote Ammoniacale en nitrite puis en nitrate par des bactéries autotrophes aérobies. Ces nitrifiantes tirent leur énergie de l'oxydation de l'ammoniaque et ils utilisent les sources de carbone minéral CO_2 pour synthétiser la matière vivante. Les bactéries responsables de la nitrification sont les nitrosomonas et les Nitrobacter, la nitrification s'effectue en deux étapes :

1. La nitrification : oxydation des ions Ammonium en Nitrite :



2. La nitrification : oxydation des nitrites en nitrate :

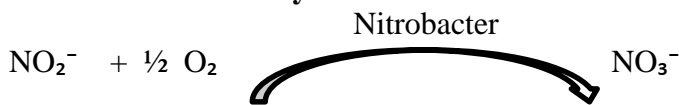




Figure III-11 : Bassin de nitrification (Manuel de la station. 2006).



Figure III-12 : Bassin de nitrification vide (Manuel de la station. 2006).

Le bassin de nitrification a des caractéristiques dont lesquelles ont présentées dans le tableau ci-dessous (tableau III-12)

Tableau III-12 : caractéristiques techniques de bassin de nitrification.

Bassins	caractéristiques
Nombre	02
Débit max d'une seule chaîne	1100 m ³ /h
Dimension hors tout	Long :15.80 m Larg : 9.40 m Prof :7.10 m
Nombre des blocs par réservoir	1092 pièces
Débit d'admission, moyenne horaire	Total : 2200 m ³ /h par réservoir : 1100 m ³ /h
Température moyenne de l'eau	20°C
Concentration en ammonium max	10 g/m ³

Longueur d'un seul bloc	1.20 m
Largeur d'un seul bloc	0.60 m
Hauteur d'un seul bloc	0.60 m
Surface totale spécifique du bloc	240m ² /m ³

h. Filtre à sable :

Deux chaînes de traitement avec trois filtres à sables à ciel ouvert pour chaque chaîne. Ils ont installé d'une surface de 63 m² et d'une capacité de 354 m³/h pour chaque filtre. Les filtres ont une conception de type lit double, comportant une simple couche de gravier avec une taille de grain nominale de 0.71...1.25 mm, conçus pour opérer sous un franc de bord constant d'environ 1.20 m par l'intermédiaire d'un détecteur de niveau à ultrasons, en interaction avec l'ouverture de la vanne électropneumatique de sortie du filtrat.

Cette étape est pour but d'éliminer les 5% à 10% le reste de la matière en suspension non éliminer à l'étape de préfiltration à une vitesse de 5.8 m/h si tous les filtres en service et moins de 7m/h si un filtre est en lavage.

Un système de contrôle de turbidité est installé à la sortie de chaque filtre qui est surveillée avec un capture de turbidité correspondant .la turbidité d'eau filtrée aura d'environ 0.8 NTU.



Figure III-13 : Filière filtration à sable (Manuel de la station. 2006).

Les filtres seront dotés d'un système robuste de faux planché en béton, équipé de buses et d'un système de drainage souterrain pour le lavage à contre-courant d'air.



Figure III-14 : Filtre à sable avec les buses d'air vide (Manuel de la station. 2006).

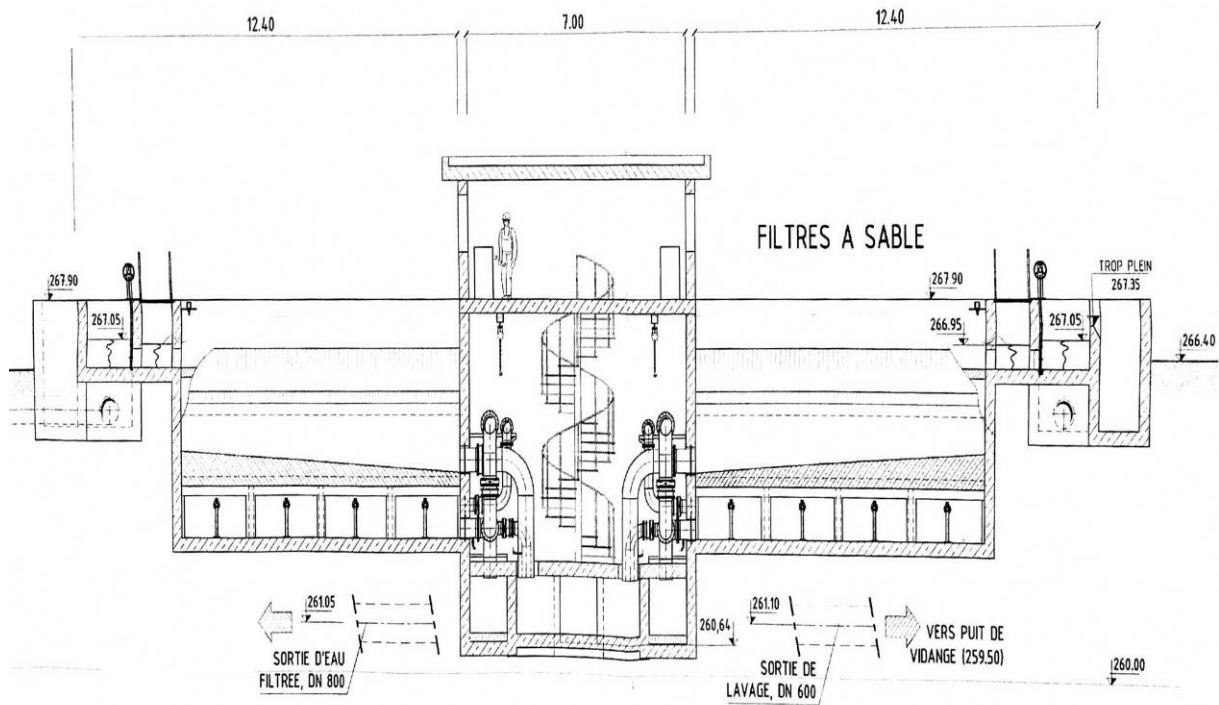


Figure III-13 : schématisation pour filière filtre à sable (Manuel de la station. 2006).

❖ Lavage à filtres :

Les filtres à sable sont équipés d'un processus de lavage à contre-courant contrôlée par un automate programmable. En première étape en utilisant l'air puis l'air et l'eau en même temps enfin en terminer l'opération de lavage avec l'eau. Cette opération se lance lorsque le niveau d'eau se détecte à 1.28 m et elle prend environ 10 à 12 min avec une consommation en eau de lavage d'environ 160 m³ à 190 m³ par filtre. Les débits spécifiques d'air de rinçage est de 55 m³/m³/h et d'eau de lavage est de 15 m³/m³/h.



Figure III-14 : Filtre à sable pendant une phase de lavage à contre-courant.

i. Réservoir intermédiaire :

L'eau s'écoule de filtres au réservoir intermédiaire (bâche d'eau) de capacité 810 m³, qui sert au lavage à la fois des filtres à sables et des filtres à charbon, l'eau de service au niveau de la station pour la préparation des produits de traitement et l'alimentation des filtres à charbon et pour laisser la stabilisation de chlore afin d'éviter l'oxydation de charbon.

Deux pompes d'alimentation en eau avec une capacité max 1050 m³/h pour la transformation de filtrat des filtres à sables. Les pompes seront installées avec leurs conduites d'aspiration et de refoulement. Les vannes d'aspiration et de refoulement seront des vannes papillon de type «sandwich» commandées manuellement. La vanne de retenue coté refoulement sera de type clapet anti-retour.

j. Unité d'augmentation de pression d'eau de service :

Elle fait pour but d'augmenter la pression fournie par l'eau vers tous les points de consommation dans toute la station et particulièrement vers les systèmes de préparation et de dosage de produits chimiques.



Figure III-15: Unité d'augmentation de pression d'eau de service.

k. Filtre à charbon actif (CAG) :

Deux filtres CAG disposées en parallèle avec une construction en béton pour chaque chaîne de traitement avec une surface de 63 m² et de capacité de 525 m³/h pour chaque filtre. L'eau arrive par pompage du réservoir intermédiaire. La conception et la taille des filtres sont exactement identiques à ceux des filtres à sables en plus de leurs fonctionnements.

Son rôle consiste à éliminer les matières organiques, les pesticides, et les oxydants de l'eau, ainsi que améliorer les propriétés organoleptiques de l'eau (gout, l'odeur, couleur).

Pour une hauteur de support filtrant de 2 m et de 126 m³ de charbon actif granulaire, la durée de rétention est environ 15 minutes avec un taux de filtration d'environ 11.1 m/h.

- ✓ Une injection d'Acide Sulfurique (H₂SO₄) pour l'ajustement de PH ou bien de Soude Caustique (NaOH) pour l'augmentation de PH.

❖ Lavage CAG :

C'est été même principe pour le lavage de filtres à sables. C'est un lavage à contre-courant à l'eau, programmé avec un logiciel manuellement en cas d'alerte de colmatage de CAG ou le bassin de filtre à sable avec une durée de 10 minutes et d'une consommation d'eau environ 210 m³ par filtre CAG.

l. La désinfection :

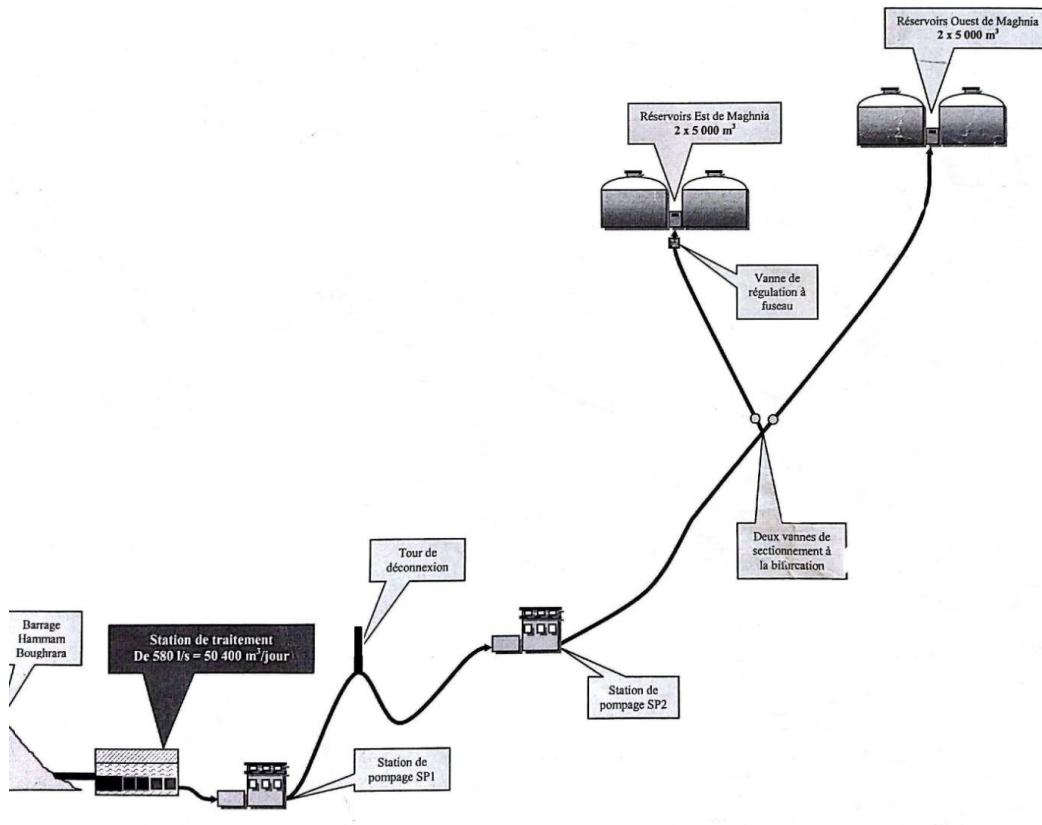
A la sortie de filtrat d'un filtre à sable et en route vers le canal collecteur commun, une injection 10% d'Hypochlorite de Calcium (pour une concentration de chlore actif=1.5mg/l). Cette étape a fait pour but d'oxyder les micro-organismes et la protection de l'eau lors de son stockage et de son transport.

m. Le stockage et le transfert d'eau traitée de la station :

Après passage par les filtres à charbon, l'eau s'écoule dans le canal collecteur commun et de la s'écoule par gravité à travers un tuyau en DN700 jusqu'à le réservoir d'eau traitée de la station de pompage SP 1. Ensuite le transfert passe par les ouvrages suivants :

- Tour de déconnexion.
- Deuxième station de pompage appelée SP2.
- Réservoir de distribution pour la zone EST appelé R. EST.
- Réservoir de distribution pour la zone OUEST appelé R. OUEST.





FigureIII-16 : Transfert des eaux du barrage Hammam Boughrara jusqu'aux réservoirs de stockage.

❖ **La station de pompage SP1 :**

L'eau s'écoule par gravité du CAG par gravité jusqu'à la station de pompage SP1, dans une conduite en acier DN 700. Elle se trouve en aval de la station de traitement et au pied du barrage à une cote du fond du réservoir $TN = 254.55$ NGA et constituée d'un réservoir en béton armé d'une capacité de 2000 m³ et un anti-bélier de capacité 10 m³.



Figure III-17 : Station de pompage (SP1).

❖ **Tour de déconnexion hydraulique :**

Elle se trouve à environ 2.8 Km de SP1 à une cote TN de 393.70, constituée d'un réservoir avec une capacité de 30 m³ en fonctionnement en régime permanent. La tâche de la tour est la déconnexion hydraulique de la partie amont, en provenance de SP1 de celle d'aval vers la station de pompage n°2 pour les rendre indépendantes pendant les phases transitoires. Le réservoir est équipé d'un drain de fond en DN200, actionné par une vanne manuelle et sans équipement de contrôle automatique installé à la tour de déconnexion.

Figure III-18: Tour de déconnexion.

❖ **La station de pompage n°2 (SP2) :**

Positionnée entre la SP1 et les deux réservoirs de distribution, près de la ville de MAGHNIA, à une cote TN de 388.50. Elle se rassemble à la station de pompage n°1.

❖ **Réservoir de stockage Est et Ouest:**

Les réservoirs de stockage R. Est et R. Ouest, d'une capacité de 10 000 m³ pour chaque réservoir. Son rôle de la conception est de permettre la gestion des pics de consommation et du stockage pour la distribution de l'eau vers les abonnés. Une soupape à fuseau est installée à l'entrée des réservoirs pour permettre la régulation des demandes en eau des réservoirs: EST et Ouest. Ils ont été construits à une cote piézoélectrique plus haute que les installations précédentes (cote R. Est TN 484.60 NGA et cote R. Ouest TN 520.60 NGA).



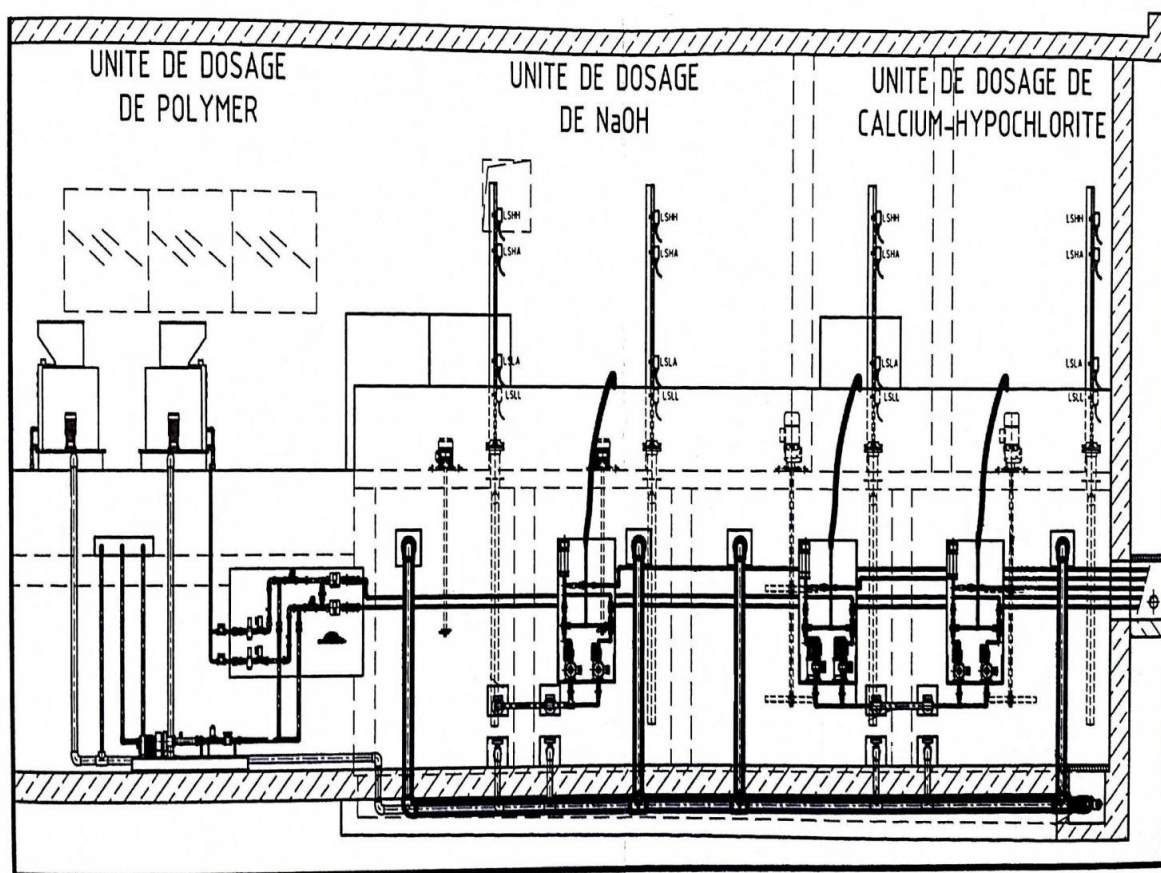
III. 2-3- Station de préparation de dosage et de stockage des produits chimiques :

C'est un bâtiment séparé, dit bâtiment des réactifs dont lequel on trouve tous les équipements de stockage, de préparation et dosage des produits chimiques. Tous les systèmes de préparation et dosage de produits chimiques ont été mentionnés dans le cahier de charges, mais également en prenant en considération les accords convenus plus tard. La quantité de dosage des produits

chimiques a été déterminée sur la base des analyses de l'eau brute contenue dans les documents d'appel d'offre, bien que la quantité exacte à doser ne puisse être déterminée que lorsqu'une nouvelle analyse de l'eau et des tests en laboratoire sur place auront été effectués.

➤ **Systèmes de préparation et dosage de produits pour le traitement chimique :**

<p>Chlorure ferrique FeCl₃</p>	<ul style="list-style-type: none"> • adjuvant de coagulation
<p>Polymère synthétique (polyélectrolyte)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • adjuvant de floculation
<p>Acide sulfurique H₂SO₄</p>	<ul style="list-style-type: none"> • L'ajustement de PH
<p>Hypochlorite de Calcium Ca(ClO)₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • la désinfection de l'eau brute (préchloration) • la désinfection de l'eau traitée (postchloration)



FigureIII-19 : Bacs de préparation des produits chimiques.

Conclusion :

On peut dire que la station de Hammam Bouhrara est une grande usine de traitement des eaux de barrage à côté, qui contient des immenses équipements et installations. Bien qu'elle soit la seule station de traitement des eaux de traitement dans l'Afrique qui suit la filtration par charbon actif granulaire.

CHAPITRE 4

Introduction :

Ce quatrième chapitre précède à la présentation des paramètres analysés, le matériel et les méthodes utilisées pour faire les analyses au niveau de laboratoire de la station de Hammam Bouhrara.

IV. 1. Analyses physico-chimiques des eaux traitées :

Des analyses physico-chimiques sont faites au niveau de la station de traitement des eaux de barrage de Hammam Bouhrara. Les analyses sont faites selon un programme présenté ci-dessus (figure VI.23). Nous commençons tout d'abord par l'analyse de l'eau brute de barrage, ensuite nous passerons aux analyses d'eau traitée. Les résultats sont vérifiés avec les normes algériennes de potabilité de l'eau.

Date	Prélèvement	Paramètres
Dimanche	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, NO ₂ , Fe fer, NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , MO, cl, CO ₃ , H CO ₃ , TH, Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , TA, TAC
	Eau brute	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, SO ₄ ²⁻ , MO, cl, CO ₃ , H CO ₃ , TH, Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , TA, TAC, MO, cl
Lundi	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, MO, cl
Mardi	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, MO, cl
Mercredi	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, MO, cl
Jeudi	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, MO, cl
Vendredi	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, MO, cl
Samedi	Eau traitée	Ph, T°, turb, cond, NH ₄ ⁺ · PO ₄ ³⁻ , coul, MO, cl

Remarque :

- * Cuivre (Cu²⁺), nitrite (NO₂⁻), Manganèse (Mn²⁺) chaque 15 jours
- * Plomb (pb²⁺) chaque mois

Figure IV.23 : Programme des analyses à suivre dans laboratoire de la station de traitement de Hammam Bouhrara.

IV.1.1. Site et mode de prélèvement :

Il y'a des différents sites de prélèvement des échantillons au niveau de la station de traitement, telle que : au niveau de filtre à sable et station de pompage SP1. Pour le prélèvement d'eau brute s'effectue à l'entrée de la station et pour l'eau traitée on le prise à la sortie de CAG. Pour les prélèvements ont pris dans des flacons doivent être propre, mais n'est pas nécessairement stérilisés sauf pour les analyses micro biologiques, et pour cela on a utilisé des bouteilles en plastique de 1 litre, ou 1.5 l.

IV.1.2. Paramètres et procédures d'analyse :

a. La température :

La température joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz, bien que les vitesses des réactions chimiques et biochimiques qui sont développées par elle d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C.

b. Potentiel Hydrogène (PH):

Le pH mesure l'acidité ou l'alcalinité d'un échantillon. Il intervient avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité et la température.

- La mesure est ce fait par un pH-mètre à sonde de température intégrée, On introduit l'électrode dans l'échantillon jusqu'à ce que la valeur relevée se stabilise.

c. La turbidité :

La turbidité d'une eau représente la présence des particules en suspension telle que : argiles, limons, matières organiques.

- On mesure la turbidité en unités de turbidité NTU à l'aide d'un spectrophotomètre. Cet instrument envoie un rayon de lumière à travers un échantillon d'eau et mesure la quantité de lumière qui passe à travers l'eau par rapport à la quantité de lumière qui est réfléchi par les particules dans l'eau

d. La conductivité électrique :

C'est la capacité de l'eau pour faire passer un courant électrique qui due à la présence des cations et les ions.

- On étalonne le conductimètre puis en met environ 100mL d'eau à analyser dans un bécher, et on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer la conductivité exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

e. Le chlore :

Le chlore est considéré comme un désinfectant qui a des propriétés bioxides.

- Par un colorimètre et avec le choix de la mesure du paramètre de chlore libre. On met 10 ml de l'échantillon dans une cuve propre et la mettre dans le colorimètre et l'étalonner au 0 mg/L, puis on met 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve propre et ajouter une pastille de DPD et on lit la valeur.

f. Les chlorures :

Ce sont des sels représentés sous forme de chlorure de sodium.

- Procédure d'analyse des Chlorures (Cl^-) :

Prendre 10ml d'échantillon dans l'Erlen Meyer de 100 ml



Ajouter 3 gouttes de la solution de Chromate de Potassium à 5%



Titrer avec le Nitrate d'Argent (N/10) jusqu'au coloration rouge brique

Expression des résultats :

$$[CL^-] (mg/l) = V_{\text{versse } AgNO_3} \times 3.55 \times 100$$

g. La dureté totale de l'eau :

La dureté est la somme des concentrations en cations métalliques, à l'exception de ceux des métaux alcalins (Na^+ , K^+). Elle due aux ions alcalino-terreux : calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} . Bien qu'on exprime la dureté selon la quantité de carbonate de calcium ($CaCO_3$), présente dans une solution. Cette quantité est exprimée en mg/L.

➤ Procédure d'analyses de dureté totale (TH) :

Prendre 10 ml d'échantillon dans l'erlenmeyer de 100 ml



Ajouter 20 gouttes de la solution de fille de PH 10



Ajouter une pincée de net en poudre



Titrage a l'aide de l'E.D.T.A (N/50) jusqu'a virage bleu foncé

Expression des résultats :

$$TH(^0f) = V_{versé\ EDTA} \times 10$$
$$TH\ (mg/l)CaCO_3 = TH\ (^0F) \times 10$$

Procédure d'analyse de Calcium (Ca²⁺) et dureté magnésique(Mg²⁺) :

Prendre 20 ml d'échantillon dans elnermeyer de 100 ml



Ajouter 01 ml de NAOH (2N)



Ajouter une pincée de Muréxide



Titration à l'aide de l'E.D.T.A (N/50) jusqu'à virage coloration violet

Expression des résultats :

$$Ca^{2+}\ (^0F) = V_{Versé\ EDTA} \times 5$$
$$Ca^{2+}\ (mg/l) = Ca^{2+}\ (^0F) \times 4$$

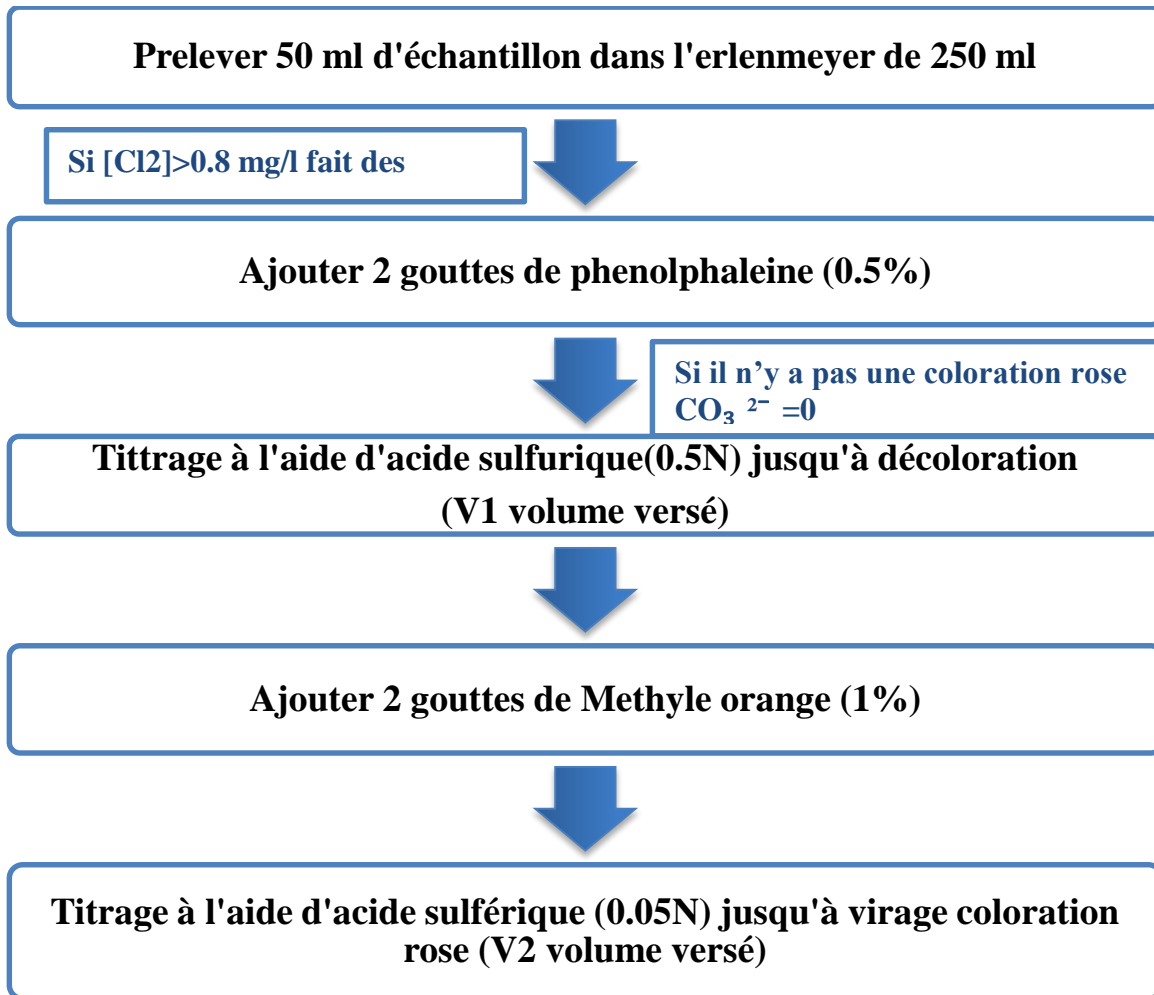
Dureté magnésique :

$$Mg^{2+}\ (mg/l) = [(TH_{(^0F)} - T_{Ca^{2+}\ (^0F)}) \times 10] \times 0.243$$

g. Carbonates et boicarbonates :

Dans les eaux naturelles, l'alcalinité représente la présence d'hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

➤ Procédure d'analyse Carbonates /Bicarbonates :

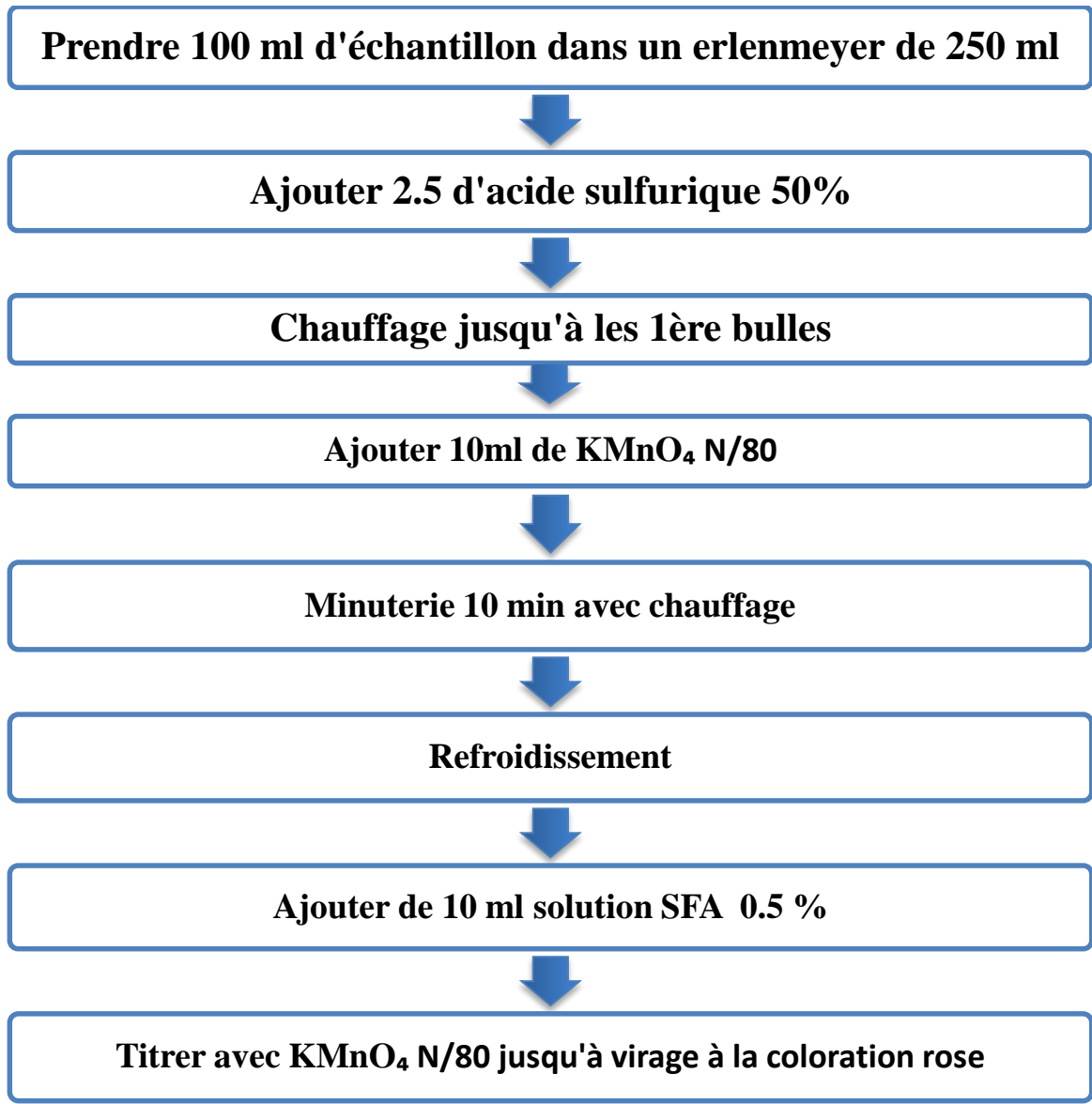


Expression des résultats :

$$CO_3^{2-} (mg/l) = V1 \times 0.5 \times 30$$

$$HCO_3^- (mg/l) = V2 \times 0.5 \times 61$$

- Procédure d'analyse de matière organique (M.O) :



Expression des résultats :

$$M.O_{(mg/l)} = V_{\text{versé } KMnO_4 \text{ échantillon}} - V_{\text{versé } KMnO_4 \text{ distillée}}$$

CHAPITRE 5

Introduction

Dans le but d'évaluer les performances de fonctionnement de la station de traitement de Hammam Boughrara, une série de suivi d'analyses ont été effectuées au niveau de laboratoire de cette station. Le travail expérimental a été réalisé sur une période du 12/02/2023 jusqu'au 19/03/2023.

Les performances de fonctionnement de la station ont été analysées sous l'aspect d'étudier :

-Les performances de traitement de quantité et de qualité de l'eau.

V. 1. Performances de quantité :

Volumes journaliers enregistrés par la station :

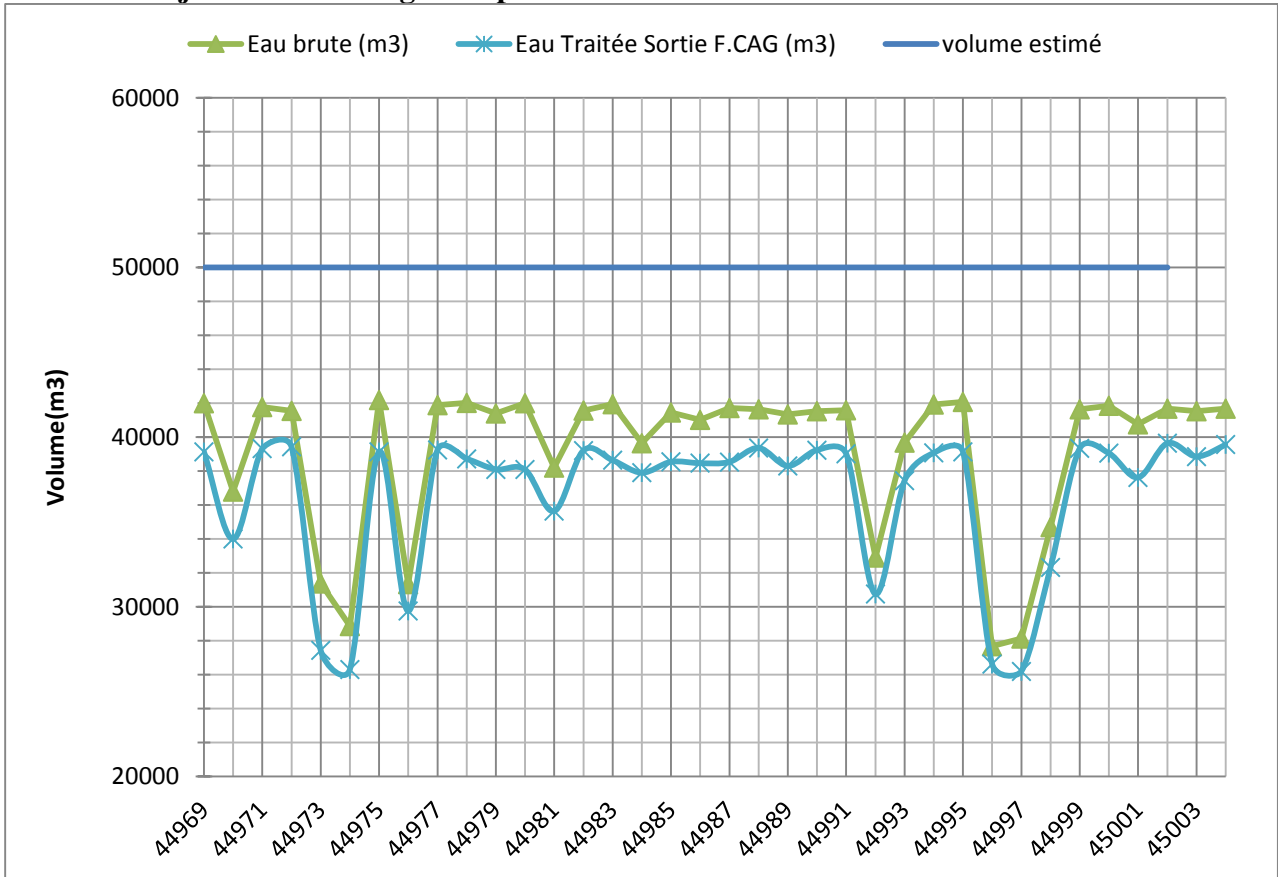


Figure V.1 : Variation journalière de volumes d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ La figure V.1 représente la variation journalière de volumes d'eau brute et d'eau traitée dans la station pour la période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023. On remarque que le débit de l'eau traitée est proportionnel au débit d'eau reçue de barrage. Néanmoins, une chute de l'eau a marqué jusqu'à 26 315 m³ a été constatée du 16/02 au 18/02 et de 11/03 à 13/03, en raison de service d'une seule filière. Plus des autres chutes 'eau jusqu'à 280 758 m³ au jour de 19/02 à cause d'une augmentation pluviométrie. Et pour d'autres chutes ont due en raison des travaux de maintenance dans la station ou bien des coupures du courant électrique et parfois à cause de la diminution de la demande.
- ❖ Selon les résultats obtenues et la comparaison par rapport au volume maximal pour lequel la station à dimensionner (50 000 m³), on peut dire que la production d'eau est toujours inférieur au volume max d'une différence de 10 000 m³.

V. 2. Performances de qualité :

Les paramètres physico-chimiques de l'eau analysés sont : la température d'eau brute et de l'eau traitée, le pH, la turbidité la conductivité, la dureté et l'alcalinité de l'eau traitée,...

V. 2.1. La température :

La température est un paramètre important qui doit être analysé car elle influe sur d'autres paramètres. La figure V.2 représente la variation de température d'eau brute et celle d'eau traitée pendant la période de stage.

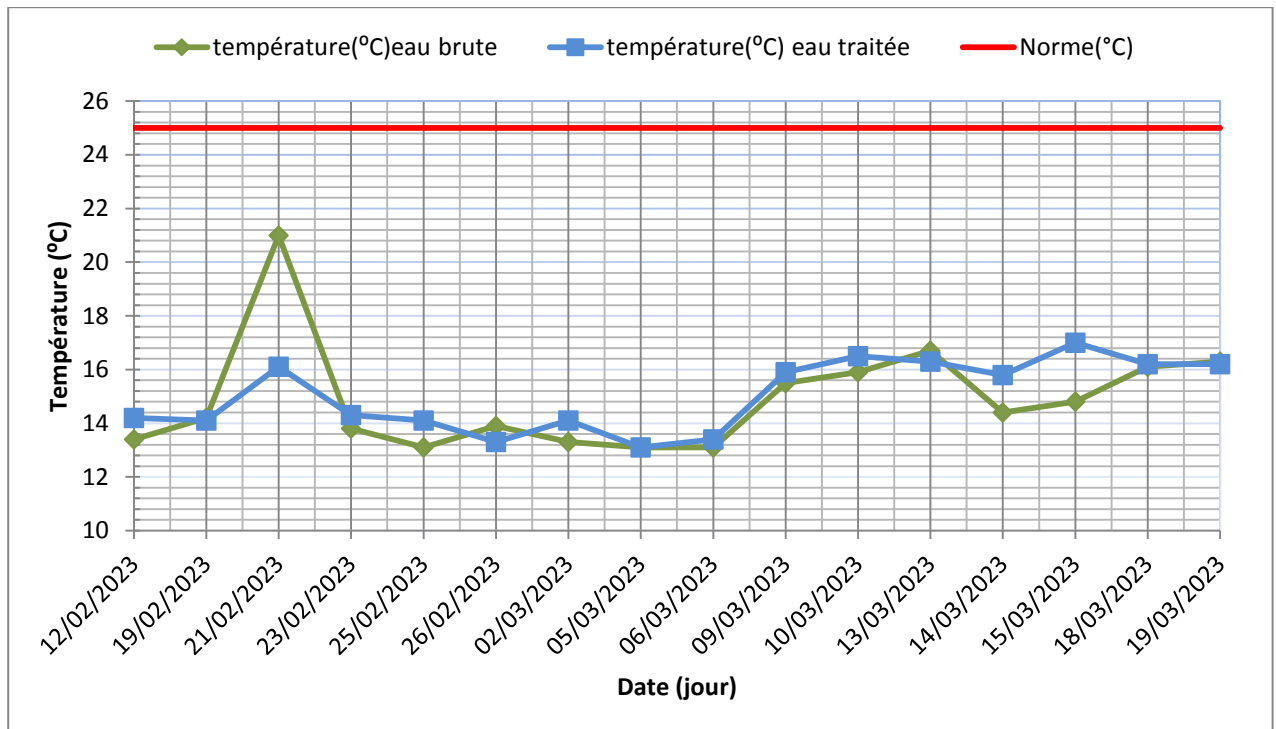


Figure V.2 : Variation de la température d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ La température enregistrée dans notre étude varie entre [13.1-21] pour l'eau brute et dans un intervalle de [13.3-17] pour l'eau traitée. Pour l'eau brute, cette variation est due au climat. D'une autre, on remarque une augmentation d'environ 2°C ou moins dans la température de l'eau produite par la station.
- ❖ Par comparaison de la norme algérienne pour la température qui ne doit pas dépasser 25 °C, on remarque que la température de l'eau traitée est toujours inférieure à la norme. Cependant, si la température est supérieure à 20°C, cela permet de favoriser le développement des micro-organismes en même temps qu'elle peut allonger les odeurs et la saveur. Par contre, une diminution de la température moins de 10°C peut influencer sur les réactions chimiques dans les différentes étapes de traitements des eaux.

V. 2.2. PH :

Le Potentiel Hydrogène permet de mesurer la concentration en ions H^+ de l'eau. La figure V.3 donne la variation du pH de l'eau brute et de l'eau traitée, au niveau de la station pendant la période d'étude.

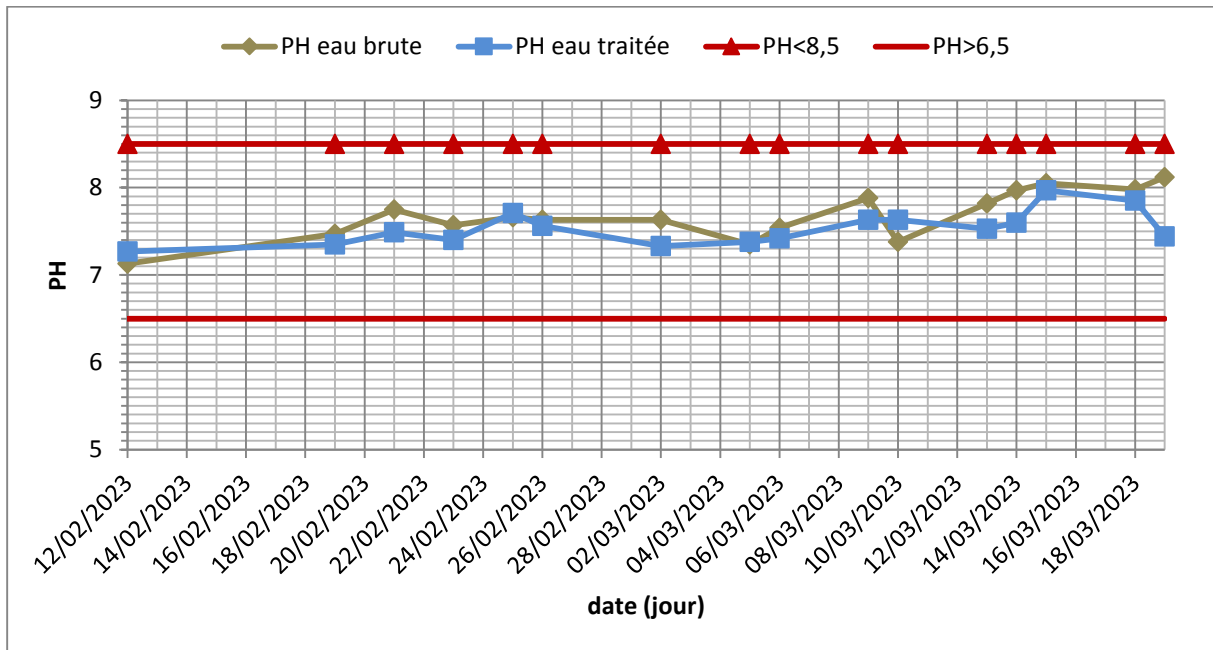


Figure V.3 : Variation du PH d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ En examinant les résultats obtenus dans la figure V.3, on distingue que le pH d'eau brute et d'eau traitée est presque le même, varie entre 7.13 et 8.12. Les valeurs du pH d'eau traitée sont proches de la neutralité (pH = 7). Par ailleurs, on remarque une diminution de PH après le traitement qui convient de l'ajout de l'acide sulfurique (H_2SO_4).
- ❖ Plus que le PH est proche de 8.5 plus que la forme des floes est plus facile (grand floes) et on obtient une bonne décantation, donc moins de consommation des produits pour le traitement chimique.
- ❖ Cependant, les valeurs du pH de l'eau traitée sont accordées à la norme algérienne dont l'intervalle [6.5-8.5].

V. 2.4. La turbidité :

La turbidité représente la présence des matières en suspension dans l'eau. Dans la figure ci-dessous j'ai représenté la variation de turbidité au moment de mon étude.

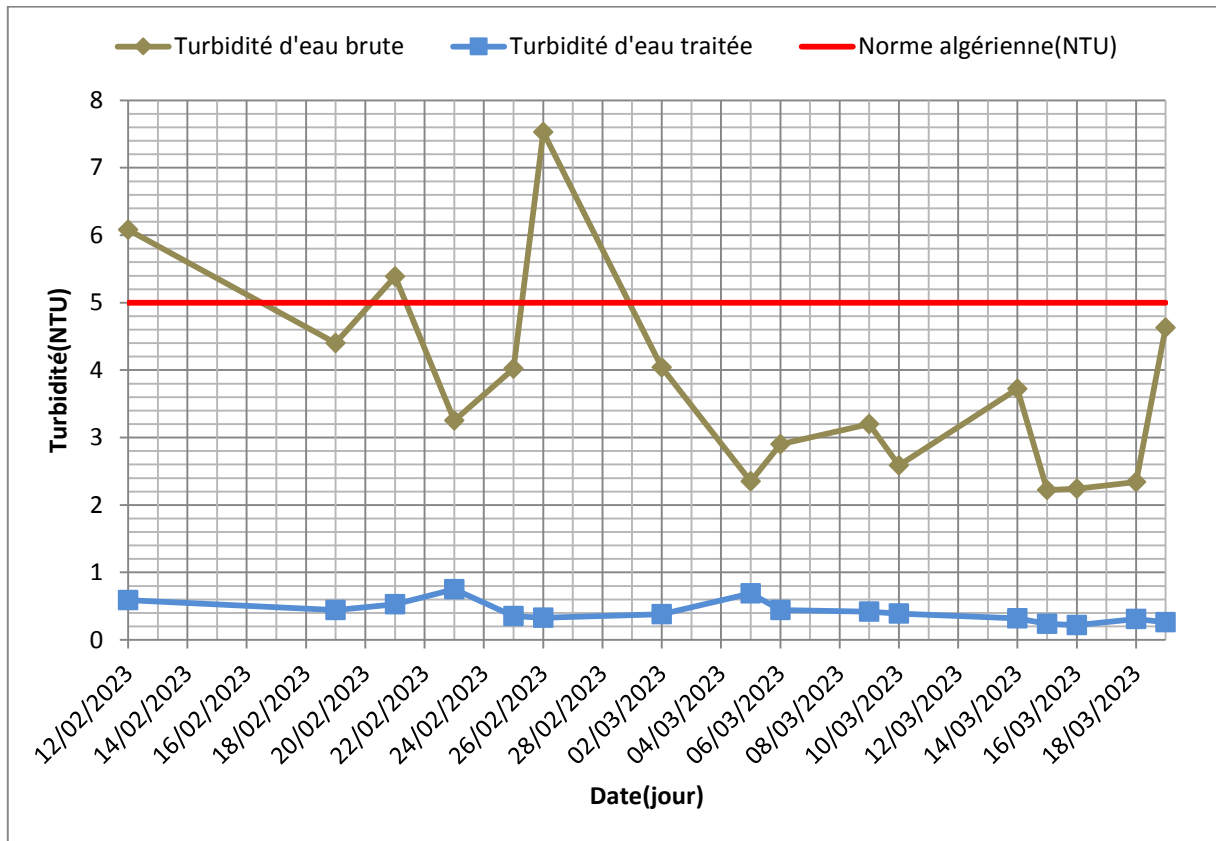


Figure V.4: Variation de la turbidité d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ D'après la figure V.4, on remarque que la turbidité diminue d'une manière remarquable par rapport à celle de l'eau brute. La turbidité d'eau brute varie dans un intervalle de [2.2- 7.53] et pour la turbidité d'eau traitée est toujours inférieure à 1. Ce qui permet d'une hausse efficace de la décantation des matières en suspension.
- ❖ On a vu une augmentation de turbidité dans les jours 21/02 et 26/02 pour une turbidité entre 5.39 et 7.53. Ces jours sont caractérisés par un phénomène pluvieux qui provoque une forte arrivée des eaux de ruissellement chargées par des matières en suspension.
- ❖ D'autre part, la turbidité d'eau traitée de la station respecte hautement la norme algérienne et elle ne dépasse pas 5 NTU.

V. 2.5. La conductivité :

La mesure de la conductivité permet de connaître la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La figure V.6 exprime la variation de la conductivité d'eau brute et d'eau traitée dans la station au période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023.

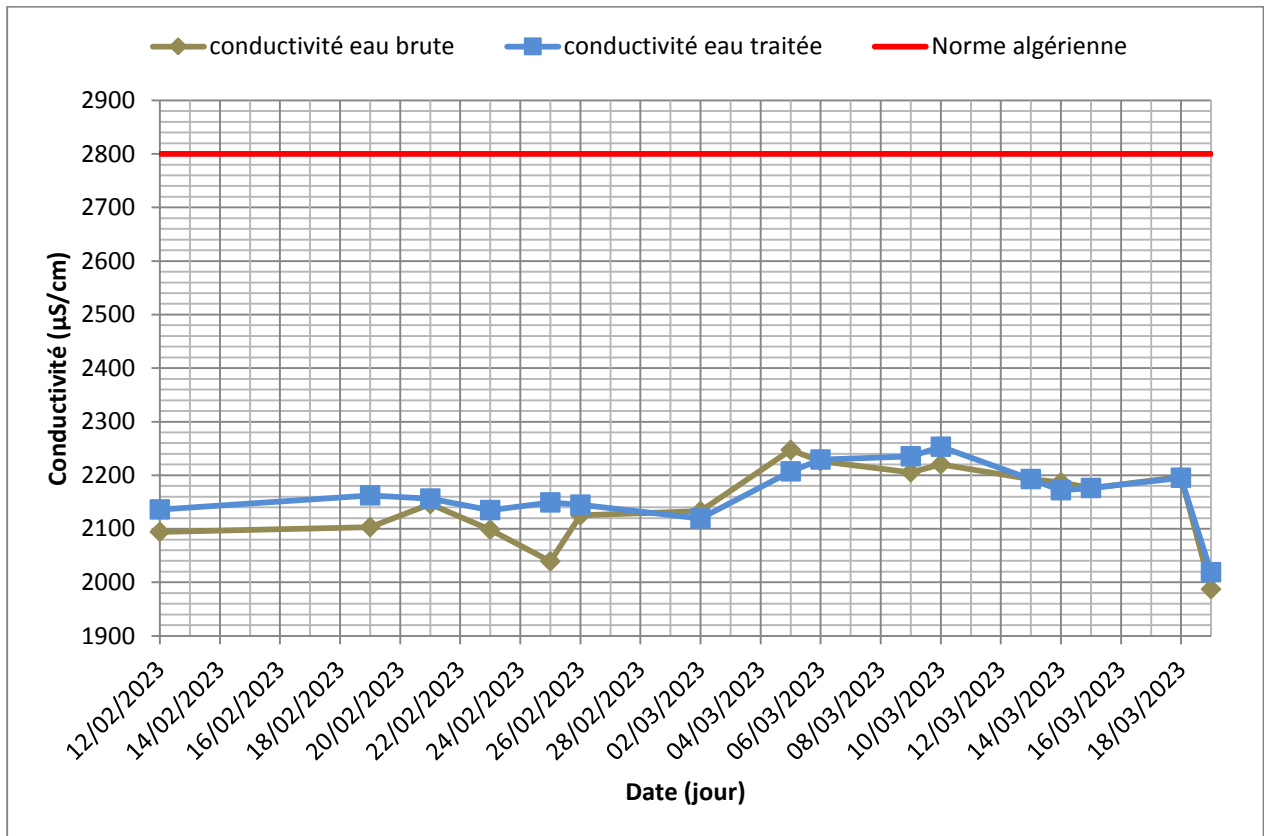


Figure V.6 : Variation de la conductivité d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ Selon les résultats obtenus, on distingue une légère augmentation de la conductivité après le traitement de l'eau. La conductivité d'eau brute varie entre 1987 $\mu\text{S/cm}$ et 2247 $\mu\text{S/cm}$ et pour l'eau traitée la variation est entre 2019 $\mu\text{S/cm}$ et 2253 $\mu\text{S/cm}$. Ce qui montre la minéralisation de cette eau.
- ❖ La conductivité d'eau produit ne dépasse pas 2253 $\mu\text{S/cm}$. Ce qui implique qu'elle respecte la norme algérienne.

V. 2.6. solides dissous totaux(TDS) :

C'est le nombre de solides dissous dans l'eau. La figure V.7 représente la variation de concentration des solides dissous d'eau brute et d'eau traitée dans la station pendant la période de mon étude.

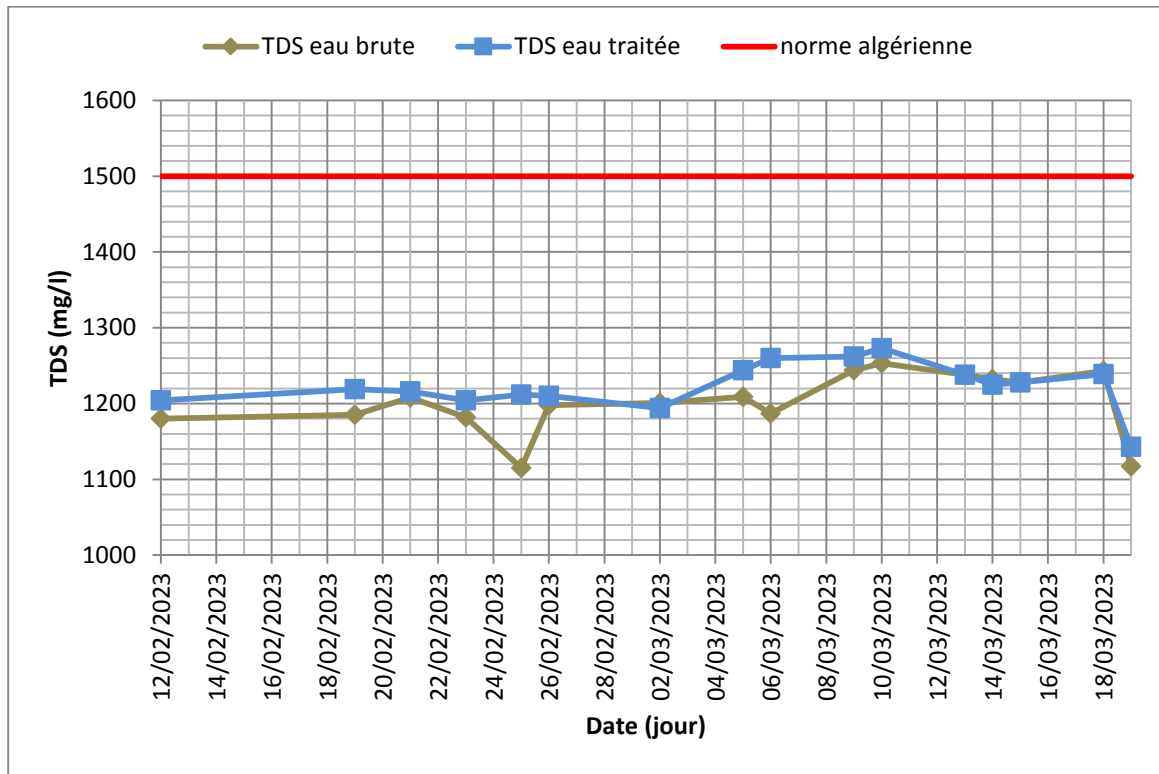


Figure V.7: Variation de TDS d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ Les résultats soutirés montrent une diminution de TDS après le traitement de l'eau. Pour l'eau brute, la variation de TDS est dans un intervalle [1115,1253] et de [1143,1273] pour l'eau traitée.
- ❖ Cette eau traitée est conforme à la norme algérienne qui ne dépasse pas une concentration de 1500 mg/l.

V. 2.7. La matière organique :

La présence de matières organiques comme synonyme de pollution. Dans la station de Hammam Boughrara les analyses de la matière organique ont fait tous les 15 jours pour l'eau traitée. La figure V.8 montre l'évolution de la matière organique dans l'eau brute et l'eau traitée pendant la période de stage.

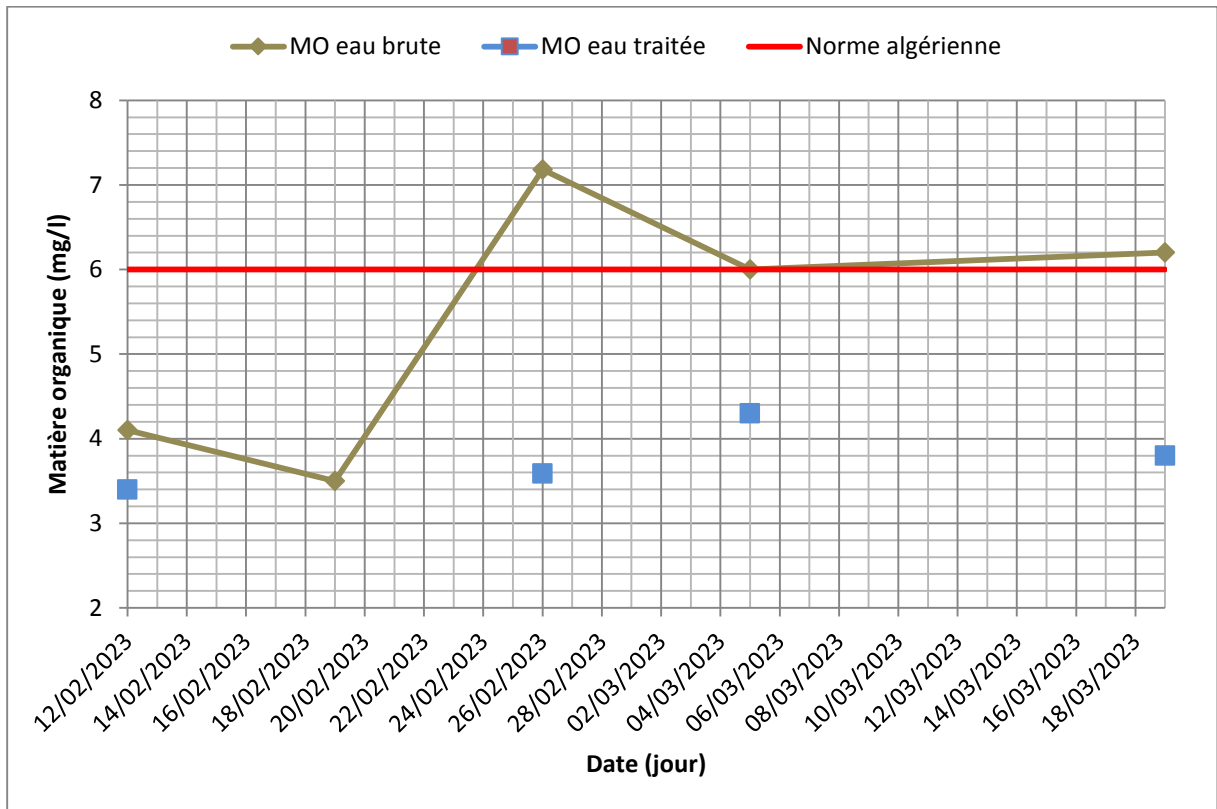


Figure V.8: Variation de M.O d'eau brute et d'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ On examinant les résultats illustrés dans la figure V.7, on voit une diminution de la concentration de la MO après le traitement. Par ailleurs, la quantité de la matière organique pendant la période suivie varie de 3.4 et 4.3 mg/l pour l'eau traitée et de 3.5 et 7.18 mg/l pour l'eau brute.
- ❖ On remarque l'eau brute contient une grande concentration d'une valeur 7.18 mg/l de MO pendant la journée de 26/02. Cette haute concentration due à la MO ramené par des précipitations.
- ❖ D'une autre, la concentration de la MO d'eau traitée de la station respecte la norme algérienne.

V. 2.8. Chlore :

Le chlore est fait pour la désinfection de l'eau après le traitement dans la station. la figure V.9 représente le changement de la concentration de Cl₂ dans l'eau traitée pendant la période de l'étude.

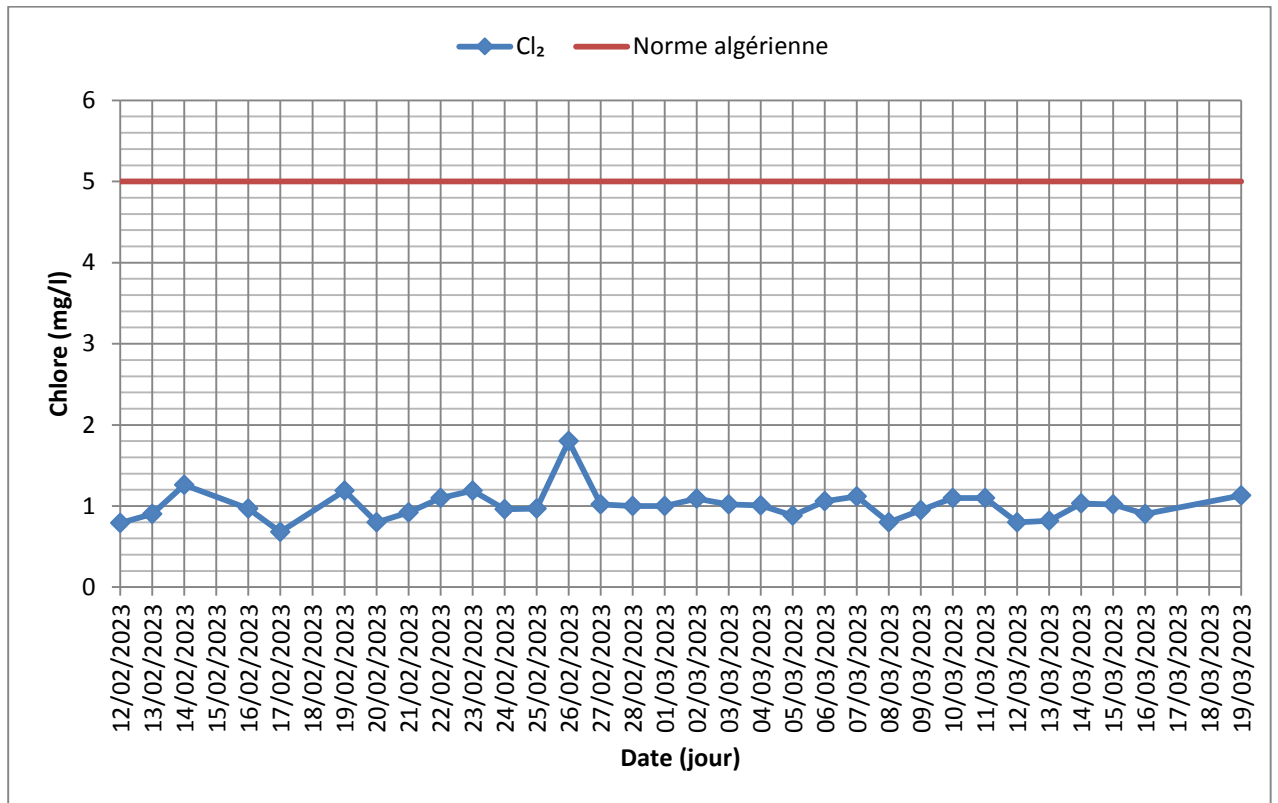


Figure V.9: Variation de la concentration de Chlore dans l'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ Selon les résultats présentés dans la figure V.9, on remarque que la concentration de chlore dans l'eau traitée varie entre 0.68 et 1.8 mg/l. De plus, on voit une augmentation de concentration de chlore dans le jour 26/02 à raison de la présence des précipitations.
- ❖ Avec confirmation de la norme algérienne, l'eau traitée de la station la respecte avec une concentration ne dépasse pas 2 mg/l.

V. 2.9. Ammonium :

L'eau arrive de barrage est très chargée d'Ammonium. La figure V.10 représente la variation de la concentration d'Ammonium dans l'eau brute et l'eau traitée dans la station au moment de mon étude.

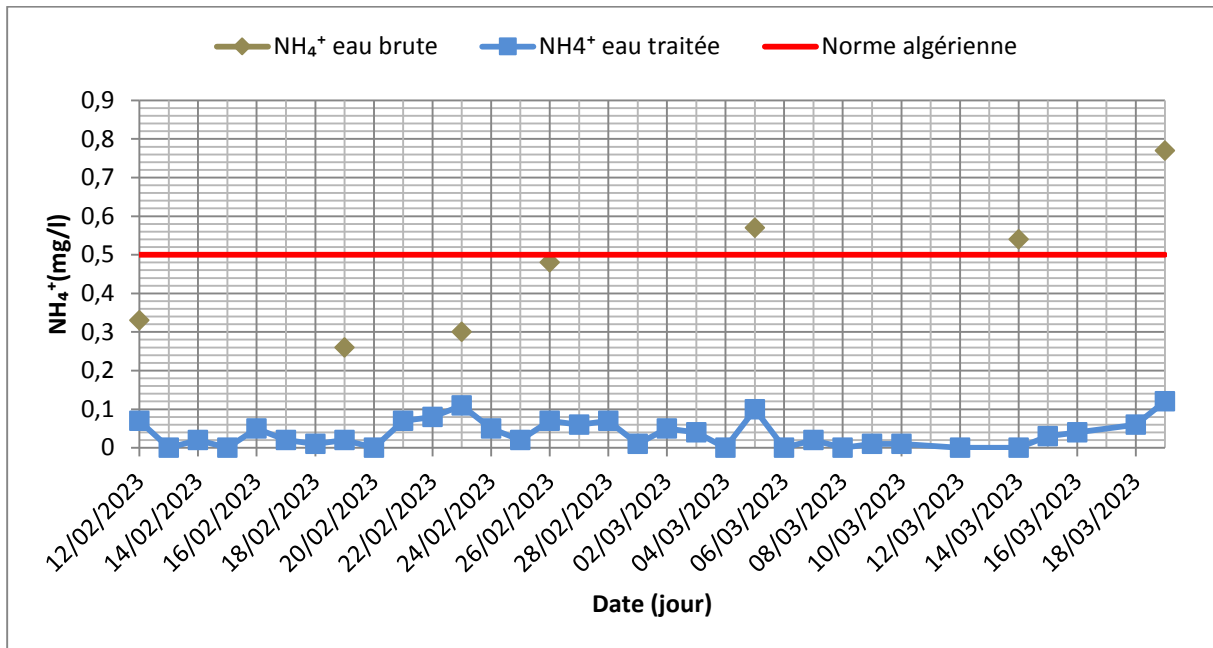


Figure V.10: Variation de la concentration d'Ammonium dans l'eau brute et l'eau traitée dans la station (Période entre le 12 Février et le 19 Mars 2023).

- ❖ Selon les résultats présentés dans la figure V.10, on remarque la concentration d'Ammonium dans l'eau brute est très élevée grâce à les rejets industrielles qui déversent dans les oueds et convient au barrage. Elle varie entre 0.26 et 0.77 mg/l pour l'eau brute et entre 0 et 0.11 mg/l pour l'eau traitée en respectant la norme algérienne qui dite il ne faut pas dépasser une concentration de 0.5 mg/l.

Conclusion générale

Conclusion générale

Pendant plusieurs années, le traitement des eaux de barrage a nettement évolué du fait que cette technique est relativement simple, moins coûteuse et plus adéquate pour satisfaire les besoins alimentaires.

En Algérie, plusieurs projets de stations de traitement d'eau ont été réalisés durant ces dernières décennies. Avec une capacité de production de 50000 m³/jour, la station de traitement de Hammam Boughrara, fait partie de ces projets et destinée à alimenter plusieurs localités du couloir ouest de la wilaya de Tlemcen en eau potable.

En plus du système de traitement classique (coagulation, floculation, décantation et filtration), la station est équipée de plusieurs filtres à charbon actif destinés à éliminer l'ammonium contenus dans l'eau. Cette étude avait pour objectif d'évaluer les performances de cette station en matière de production d'eau et en matière de la qualité physico chimique de l'eau traitée.

A l'issue de cette étude, les conclusions suivantes ont pu être tirées :

- ✓ Le débit de l'eau traitée est proportionnel au débit d'eau reçue du barrage.
- ✓ Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau montrent que :
 - La température de l'eau traitée est toujours inférieure à la norme (25°C) ;
 - Le pH d'eau brute et d'eau traitée est presque le même, varie entre 7.13 et 8.12. Les valeurs du pH d'eau traitée sont proches de la neutralité (pH = 7). une diminution des valeurs du pH après l'étape de traitement résulte de l'ajout de l'acide sulfurique (H₂SO₄) dans le process de la station.
 - La turbidité diminue d'une manière remarquable par rapport à celle de l'eau brute. La turbidité d'eau brute varie dans un intervalle de [2.2 - 7.53] et pour la turbidité de l'eau traitée, elle demeure toujours inférieure à 1, ce qui indique la bonne efficacité de la décantation des matières en suspensions;
 - La conductivité d'eau brute varie entre 1987 µS/cm et 2247 µS/cm et pour l'eau traitée la variation est entre 2019 µS/cm et 2253 µS/cm. Ce qui montre la minéralisation de cette eau
 - La concentration de chlore dans l'eau traitée varie entre 0.68 et 1.8 mg/l. et reste conforme aux normes préconisées par l'OMS pour les eaux traitées;
 - Les concentrations des TDS dans l'eau traitée oscillent de 1100 à 1250 mg/l et demeurent inférieure à la norme algérienne autorisée pour l'eau potable (1500 mg/l).
 - La concentration d'ammonium dans l'eau brute est très élevée à cause des rejets industriels qui déversent dans les oueds et qui viennent au barrage. Elle varie entre 0.26 et 0.77 mg/l pour l'eau brute et entre 0 et 0.11 mg/l pour l'eau traitée en respectant la norme algérienne (ne pas dépasser 0.5 mg/l).

Les résultats obtenus de cette étude montrent bien l'efficacité de la station de traitement de Boughrara en matière de production d'eau potable. Ses performances hydrauliques ainsi que physico-chimiques sur la qualité de l'eau confirment la fiabilité de cette structure et l'intérêt de son implantation dans la région de Tlemcen pour la satisfaction de la population en eau potable.

Références bibliographique :

Références bibliographie :

- [1] Baouia Kais, 2018, Cours Traitement des eaux, université d'Ouargla, Algérie.
- [2] Maaliou, 2013, Notes de cours STEP-Traitement épuration. Systèmes hydrauliques de traitement et épuration des eaux usées et industrielles, université des sciences et de la technologie houari Boumediene, Algérie.
- [3] Valiron F., 1994"Lyonnaise des Eaux. Mémento du Gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement. Tome I Eau dans la ville Alimentation en Eau", Technique et documentation Lavoisier, Paris.
- [4] Maurel Alain, (2006), Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce, Lavoisier / Tec et Doc 2ème édition, pp 1-286, France.
- [5] Degremont, 2005, Mémento technique de l'eau, France, Technique et documentation, Degremont, 10ème édition, pp. 1-2503.
- [6]. BOEGLIN Jean-claude. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1 110.
- [7]. DJEMMAL S. (2008-2009), Les Ressources en Eau et L'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux Souterraines dans la partie sud-est de Sétif Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie
- [8]. DEGREMONT. Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome 1, 1989, P : 5, 24,25.
- [9]. CARDOT Claude. Génie de l'environnement : les traitements de l'eau. Paris, 1999, P : 9.
- [10]. MARCEL Dore. Chimie des oxydants et traitement des eaux. L'université de Poitiers (E.S.I.P), p : 2,3
- [11]. C.R.A.A.G. (Centre de Recherches Astronomiques et Géophysiques Algérien) (2004). Etude Géophysique Par Gravimétrie De La Région D'Oued Zénati, Guelma. Rapport Interne. 42 p.
- [12]. EMSALEM R. (1986). Climatologie Générale. Edition. I.P.E.N.A.G. Tome 1. 198p.
- [13]. BOUZIANI M. (2000), L'eau de la pénurie aux maladies, Editions IBN-KHALDOUN, Algérie.
- [14]. BLIEFRT Claus. PERRAUD Robert. Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. p : 271,290, 291.
- [15]. FRANCK Rejsek. Analyse des eaux aspects réglementaires et techniques, lycée de borda.
- [16].BOUCHEMAL Merouane , HAMMOUDI Charafeddine (2016).Analyse de la qualité des eaux de la station traitement de Hammam Debegh . Mémoire de Master en Hydraulique Urbaine. Université Larbi Ben M'hidi. Oum El-Bouaghi.113 p.
- [17].TIRI Ammar. Normes et usages de l'eau. Cours d'Hydrochimie et d'Hydrogéochimie. Université Mustafa Ben Boulaid Batna 2. 17 p.
- [18].<https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/traitement-des-eaux-potables/filieres-de-traitement-des-eaux-de-surface/le-stockage-d-eau-brute> consulté le 01/02/2023
- [19].DAJOZ .R (2000).Précis d'écologie : cours et exercices résolus .7ème édition. Dunod , Paris. 71 p
- [20].BESSEDIK Madani (2017/2018).Traitement de l'eau L3 : ouvrage. Université Abou Bekr Blkaid, Tlemcen. 71p
- [21].CHELLI Meriem, CHETIBI Nour Elhouda (Juin2018).Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau potable de la ville de Jijel alimentée par la station Kissir. Mémoire Master en science biologique, option : toxicologie fondamentale et appliquée .Université Med- Seddik Benyahia , Jijel. 85p
- [22].Raymond Desjardins, ing(1997).le traitement des eaux , 2ème édition revue et améliorée. Edition de l'école : polytechnique de Montréal. 293p