

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques

Eau & Environnement

Mémoire de projet de fin d'étude

Evaluation des performances de la station de traitement des eaux de surfaces du barrage El Mansour Eddahbi à Ouarzazate, (MAROC)

Réalisé par :

-AMARAK Asmaa

-ER-RAHHALI Hayat

Encadré par :

-BEN CHOUIR Mbarka-ONEE-BO

-BOUMAGGARD El Hassane-FSTg

Soutenu le : 29 Juin 2021

Devant la commission d'examen composée de :

Encadrant : Pr. BOUMAGGARD El Hassane, FST Marrakech

Examineur : Pr. AZIZI Abdelfattah, FST Marrakech

Année universitaire 2020-2021

Remerciement

Ce n'est pas parce que la tradition l'exige par l'habitude que cette page est présentée dans notre rapport de stage de fin d'étude, mais parce que les personnes à qui s'adressent nos remerciements les mérites vraiment.

Avant toute chose, qu'elles nous soient permises de remercier Dieu tout puissant, source d'intelligence et de sagesse infinies.

Nous remercions nos parents en particulier pour nous avoir permis de poursuivre nos études, et pour leurs soutiens.

Nos vifs remerciements vont également à l'ensemble du corps enseignant et administratif de la FST de Marrakech, nous remercions profondément Mr. BOUMAGGARD El Hassane encadrent de notre stage, pour les conseils et les recommandations concernant les tâches évoquées dans ce rapport.

Nous tenons à exprimer notre gratitude et nos remerciements à Monsieur SAADANI Mustapha le Directeur Régional de l'ONEE de Ouarzazate, et Monsieur ELBALGHITI Rachid le chef de station El Mansour Eddahbi pour son accord de passer le stage au sein de laboratoire de la station.

Nous tenons aussi à témoigner notre reconnaissance et à remercier pour son aide, sa patience et sa coopération professionnelle notre encadrante Mlle BEN CHOUIR Mbarka, et à tous les personnels de l'Office Nationale de l'Eau Potable de Ouarzazate pour leurs précieuses conditions.

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I.....	3
I. Cadre géographique de la région	3
II. Présentation de l'entreprise d'accueil ONEE-BO.....	3
III. Présentation de la station de traitement des eaux de surface du barrage El Mansour Eddahbi :	3
Chapitre II.....	5
I. Etude bibliographique	5
II. Les étapes de traitement des eaux de surface du barrage El Mansour Eddahbi :.....	6
1- La prise d'eau brute	6
2- Le réservoir d'eau brute	7
3- La tour de régulation.....	7
4- Débourbages.....	8
5- Cascades d'aération.....	9
6- Coagulations.....	9
7- Floculations	10
8- Décantation lamellaire	11
9- Filtration à sable	11
10-Le réservoir d'eau filtrée.....	13
11-Le réservoir d'eau traitée.....	14
12-Le refoulement vers la ville (station de pompage)	14
III- Les principaux réactifs utilisés :	15
1- Bâtiment des réactifs et pompes doseuses.....	15
2- Réactifs.....	15
3- Bâtiment d'injection de chlore.....	19
Chapitre III.....	22
I. Contrôle de la qualité des eaux de la station de traitement du barrage El Mansour Eddahbi ..	22
1- Les analyses physico-chimiques.....	22

2- Les analyses bactériologiques	34
II .Résultats des analyses et interprétations	37
Conclusion	44
Références bibliographiques	
Liste des tableaux	
Liste des figures	

Introduction

Nous vivons sur la planète bleue. L'eau est donc une ressource qui englobe beaucoup de thématiques différentes : elle est à la base de notre alimentation, de nos modes de vie, que ce soit pour l'homme, les animaux et les plantes.

Mais seulement une petite partie de 0,7% des réserves globales en eau, sont utilisables, comme eau potable (ce sont les eaux souterraines, les lacs et les cours d'eau), devant une consommation qui augmente considérablement dans des nombreuses régions du pays. Cette forte demande résulte de la croissance démographique et de l'amélioration des conditions de vie.

Devant ces contraintes, le Maroc a déployé importants efforts de mobilisation de son potentiel hydraulique en vue de faire face à ces enjeux.

Notre stage de fin d'étude effectué, pendant 1 mois, au sein de l'Office Nationale de l'Electricité et de l'Eau potable branche eau à Ouarzazate, et plus précisément dans la station de traitement des eaux de surface du barrage El Mansour Eddahbi.

But de stage

Notre stage de fin d'étude s'inscrit dans le cadre de préparation du diplôme de la Licence Sciences et Techniques, option : Eau et Environnement au sein de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech.

ONEP de Ouarzazate a pris en charge la gestion des ressources en eau destinées à la production d'eau potable dans la région, pour cela une étude confirmative (étude physico-chimique et bactériologique) a été réalisée pour vérifier si la qualité permet d'assurer l'alimentation en eau potable dans cette région.

Chapitre I

I. Cadre géographique de la région :

Ouarzazate est une ville située au centre Nord du Maroc, à 200 Km au Sud-Est de Marrakech. La cité se trouve à la confrontation de vallées d'oued Ouarzazate et d'oued Dadess, qui constituent l'oued Draa. Elle est aussi reconnue pour être les supports sud de Haut Atlas et pour sa proximité avec le désert.

II. Présentation de l'entreprise d'accueil ONEE-BO :

L'Office Nationale de l'Électricité et de l'Eau potable (ONEE) crée en 24 avril 2012, suite au programme de l'Office National de l'Électricité (ONE) et de l'Office National de l'Eau Potable (ONEP), est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté du personnel civil et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministre de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.

L'Office Nationale de l'Électricité et de l'Eau potable Branche Eau (ONEE-BO), principal opérateur public dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement a pour mission :

- la planification de l'approvisionnement en eau potable de la Royaume.
- l'étude de la réalisation et la gestion d'adduction d'eau potable et sa distribution.
- Amélioration des services offerts aux clients.

III. Présentation de la station de traitement des eaux de surface du barrage El Mansour Eddahbi :

La station de traitement des eaux de surface du barrage El Mansour Eddahbi situé à environ 28 Km au Sud de la ville de Ouarzazate, elle utilise un traitement classique de potabilisation, et elle traite 350 l/s d'eau brute.

- Le volume de réservoir d'eau brute : 300 m^3 .
- Le volume de réservoir d'eau filtrée : 500 m^3 .

- Le volume de réservoir d'eau traitée : 1500 m^3 .
- Le débit de l'entrée : $650 \text{ m}^3 / \text{h}$.
- Le débit de sortie : $600 \text{ m}^3 / \text{h}$.



Figure 1: Station de traitement du barrage El Mansour Eddahbi



Figure 2: Barrage El Mansour Eddahbi

Chapitre II

I. Etude bibliographique :

Pour rendre l'eau potable, on applique des traitements qui, s'ils peuvent varier suivant l'origine et la qualité de l'eau, obéissent tous au même principe : on élimine les éléments de matières contenus dans l'eau par étapes successives jusqu'aux l'organisme microscopiques comme les virus, les bactéries et les algues.

Toutes ces étapes sont effectuées dans la station de traitement d'eau potable.

Pour être consommé, l'eau doit répondre à des critères de qualité très stricts, fixés par la norme Marocaine. Ils portent sur :

- La qualité microbiologique :

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène.

-La qualité chimique :

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Ces substances sont dites « indésirables » ou « toxiques ».

- Les substances « indésirables » :

Leur présence est tolérée tant qu'elle reste inférieure à un certain seuil (le Fluor et les Nitrates par exemple).

- Les substances aux effets toxiques :

Le Plomb et le Chrome en font partie. Les teneurs tolérées sont extrêmement faibles.

- La qualité physique et gustative :

L'eau doit être limpide, claire, aérée et ne doit présenter ni saveur ni odeur désagréable.

II. Les étapes de traitement des eaux de surface du barrage El Mansour Eddahbi :

1- La prise d'eau brute :

Le pompage d'eau brute se fait par quatre groupes électropompes, ce pompage est commandé par le niveau de la tour de mise en charge les niveaux sont détectés et sont transmis par la sonde piézométrique à quatre seuils réglables, vers l'automate

- Le niveau bas démarre la première pompe
- Le niveau très bas démarre la deuxième pompe
- Le niveau haut arrête la première pompe
- Le niveau très haut arrête la deuxième pompe

Les seuils sont ajustés par l'opérateur depuis le PC de la gestion.

- **La barge flottante :**

C'est une structure métallique en INOX 304, supportée par des flotteurs cloisonnés, elle comprend des puisards ou sont logés les groupes de pompes à axe vertical.

L'ensemble de la structure est maintenu en équilibre grâce à son poids pesant environ 42 tonnes, et des chaînes d'amarrages fixées au fond du lac par des ancrs, elle suit la fluctuation du niveau d'eau suivant un mouvement rectiligne vertical.

Les grosses particules sont éliminées avant le pompage par le dégrillage (prétraitement).



Figure 3: Barge flottante

- **La conduite d'amenée d'eau brute :**

Elle contient deux parties :

- Une flottante assurée par des flotteurs.
- et l'autre enterrée de conduites en fonte ductile.

2- Le réservoir d'eau brute :

La capacité de ce réservoir est de 300 m^3 , il contient une sonde de niveau piézométrique.



Figure 4: Réservoir d'eau brute

3- La tour de régulation :

C'est le réservoir d'eau brute dans lequel on ajoute le chlore, c'est l'étape de pré-chloration, elle contient un mélangeur.



Figure 5: La tour de régulation



Figure 6: Mélangeur de la tour

4- Débourbages :

Le débourbage est une étape de traitement qui précède la clarification des eaux de surface, dans le cas d'une eau très chargée en limon ou en sable fin, dont le but est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute et d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées.



Figure 7: Débourbeurs

Le principe

Les débourbeurs sont de forme rectangulaire, Les boues sont raclées vers deux fosses par débourbeur, et extraites moyennant des pompes submersibles. Le raclage et l'extraction des boues se font uniquement pour l'entraînement des moteurs et des pompes vues que l'eau brute n'est pas chargée.

Le pont racler contient quatre moteurs.



Figure 8:Le pont racler

5- Cascades d'aération :

C'est un ouvrage qui permet l'aération et l'oxygénation de l'eau (70%) et permet ainsi l'oxydation d'éléments indésirables tels que le fer (Fe), le manganèse (Mn) et le sulfure d'hydrogène (H₂S), en cas de présence. Il permet également de réduire l'odeur dans l'eau. Au cas où les teneurs de ces éléments sont élevées, on fait recours à des oxydants fort tels que le permanganate de potassium (KMnO₄) à la sortie de cet ouvrage.

On ajoute aussi le chlore à la sortie, c'est l'étape de chloration intermédiaire.



Figure 9: Cascade d'aération

Remarque : les étapes de pré-chloration, de débouillage et d'aération constituent **la phase de prétraitement.**

6- Coagulations :

C'est un ouvrage qui permet le mélange réactif-eau (coagulation). Il a le même rôle que celui précité en phase de prétraitement. Différents produits de traitement peuvent être utilisés en fonction de la qualité d'eau à traiter. Il peut s'agir du sulfate d'aluminium, permanganate de potassium, charbon actif poudre ou lait de chaux.

Ces mélangeurs, en nombre de deux, sont équipés d'un agitateur chacun tournant à raison de 120 tours/2 min et favorisant la déstabilisation de la charge de l'eau pour entre en contact avec le produit ajouté.



Figure 10: Coagulateur



Figure 11: Mélangeur rapide

7- Floculations :

Comme leur nom indique, ce sont des ouvrages permettant la formation de floccs par ramassage de colloïdes entre eux. Ces floccs, de petites tailles au début, vont s'adsorber entre eux par brassage, moyennant des agitateurs lents tournant à raison de 40 tours/20 min, pour former de gros floccs pesant susceptibles de décantier.



Figure 12: Floculateur



Figure 13: Agitateur lent

8- Décantation lamellaire :

C'est l'ouvrage où décantent les floccs formés au niveau des flocculateurs. Ils sont couverts des lamelles en PVC alimentaire, inclinées à 60° pour réduire l'espace de décantation et empêcher la remontée des floccs. A la sortie des décanteurs, l'eau décantée doit avoir une turbidité inférieure à 5 NTU selon la norme marocaine d'eau potable. Chaque décanteur est muni de quatre purges de boues.

Actuellement, la période de purge est de l'ordre de deux minutes sur une cadence de dix minutes. Cette cadence dépend de la concentration des boues qui sont souvent évacuées vers l'égouttage.



Figure 14: Décanteur lamellaire

9- Filtration à sable :

C'est le procédé de séparation solide-liquide de finition. L'eau décantée, provenant des décanteurs, est ensuite filtrée sur des filtres à sables. Ainsi les floccs fugitifs n'ayant pas été sédimentés, sont éliminés de l'eau.



Figure 15 :Les filtres à sable

Ce sont des bassins comprenant un dalle muni des buslures, à raison de 52 buslures par mètre carré. Ils permettent la filtration de l'eau décantée à travers un massif filtrant composé de 10 cm de gravier et 1 m de sable.

Après colmatage, ces filtres sont lavés automatiquement par l'automate, selon une opération comprenant trois principales étapes :

Étape 1 : envoi de l'air sous pression pour libérer les grains de sable des floes (Détassage) ;

Étape 2 : envoi de l'eau à faible débit et de l'air pour le brassage ;



Figure 16 : Lavage à air + eau (brassage)

Étape 3 : envoi de l'eau seule à grand débit pour laver le sable(Rinçage) ;



Figure 17: Lavage à l'eau

Il y a quatre filtres de sable, chaque filtre est équipé à son entrée d'une vanne murale à commande électropneumatique. Leur couverture est liée à la mise en marche du filtre.

10-Le réservoir d'eau filtrée :

Ce réservoir a une capacité de 500 m³ collectant les eaux filtrées, et stérilisées par l'injection du chlore (post-chloration). Il est utilisé également à épuiser les eaux traitées pour les besoins de la station comme le lavage, l'arrosage de l'espace vert, préparation des réactifs et autres....



Figure 18 :Réservoir d'eau filtrée

11-Le réservoir d'eau traitée :

C'est un réservoir de capacité de 1500 m^3 recueillant les eaux traitées.



Figure 19: Réservoir d'eau traitée

12-Le refoulement vers la ville (station de pompage) :

A partir du réservoir d'eau traitée de départ de 1500 m^3 , trois GEP (groupe électropompes) refoulent dans une conduite de refoulement vers la bache "A" de mise en charge sur une longueur de 5300 ml puis véhiculée dans une conduite gravitaire jusqu'aux réservoirs de la ville via la bache "B" de 1500 m^3 .



Figure 20: Les pompes de refoulement

III- Les principaux réactifs utilisés :

1- Bâtiment des réactifs et pompes doseuses

C'est un local comprenant une aire de stockage des produits de traitement et les bacs de préparation dans une partie et les installations des pompes doseuses dans l'autre partie.



Figure 21 : Les réactifs



Figure 22 : Les pompes doseuses

2- Réactifs :

A/ Alginate ou polymère (Poly-électrolyte)

L'alginate ou le polymère est un flocculant, sa concentration en solution est 0.5g/l, injecté pendant l'étape de floculation, au niveau des mélangeurs lents.

Pour éviter la coagulation de la solution, un système de rinçage du polymère permet le nettoyage de la tuyauterie par l'eau de service se déclenche automatique à chaque arrêt de production.



Figure 23: Bac de préparation de polymère



Figure 24: Pompe doseuse de polymère

B/ Permanganate de potassium $KMnO_4$

On utilise pour l'oxydation du fer et du manganèse, sa concentration en solution est de 5 à 20 g/l, injecté juste avant l'étape de coagulation, après la sortie des cascades.



Figure 25: Le réactif $KMnO_4$



Figure 26: Pompe doseuse de $KMnO_4$

C/ Sulfate d'aluminium ou chlorure ferrique

Sulfate d'alumine ou chlorure ferrique est un coagulant, sa concentration dans la solution est de 150 g/l à 250 g/l, injecté aussi juste avant l'étape de coagulation.

Chaque bac de préparation de sulfate d'aluminium est muni d'un agitateur.



Figure 27: Le sulfate d'alumine en poudre



Figure 28: Pompe doseuse du sulfate d'alumine



Figure 29: Sulfate d'alumine



Figure 30: Bac de préparation de sulfate d'alumine

D/ Lait de chaux

Il utilise pour la correction du pH, avec une concentration de solution de 50 g/l, injecté avant l'étape de coagulation.



Figure 31:Lait de chaux

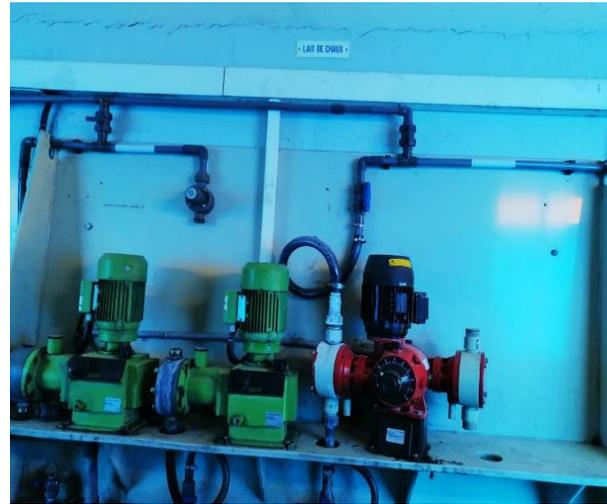


Figure 32:Pompe doseuse du lait de chaux

Remarque : Il ne faut pas avoir une grande différence entre le pH départ de la station et le pH arrivée vers de la ville, sinon on aura l'agressivité d'eau traitée sur la conduite.

E/ Charbon actif poudre

Le charbon actif est un absorbant fort, coûteux, on ne l'ajoute pas toujours, utilisé pour toute élimination du goût et d'odeur, et utilisé surtout pendant l'été, car la température est augmentée et accélérée les réactions des matières organiques, donc va changer le goût.

Il est injecté aussi juste avant l'étape de coagulation.



Figure 33 : Charbon actif



Figure 34 : Pompe doseuse du charbon actif

3- Bâtiment d'injection de chlore



Figure 35 : Bâtiment de chlore

La chloration est assurée à partir de la salle du chlore, qui contient deux types de tanks de chlore gazeux, l'un grand (900kg à 1000kg) et l'autre petit (400kg).

Principe de fonctionnement

Les chloromètres sous vide fonctionnent selon le principe de la dépression, si le régulateur de vide détecte un manque de chlore gazeux, c'est-à-dire le tank en service est vide, il convertit directement à l'autre tank qui est en attente.

Un bouton de réglage et un flotteur visible sur le chloromètre permettent de régler et de visualiser le débit de chlore gazeux distribué.



Figure 36 : Régulateur de vide (détendeur)



Figure 37 : Inverseur automatique



Figure 38 : Tank en service



Figure 39 : Tank en attente



Figure 40 : Piège de chlore



Figure 41 : Filtre

Remarque : Si l'inverseur automatique est en panne, donc l'inversion du tank à l'autre se fait d'une manière manuelle.

Le chlore qui est sorti de tank, va mélanger avec une quantité précise d'eau filtrée, pour donner une eau chlorée, qu'on ajoute soit dans la post-chloration (désinfection), dans la chloration intermédiaire (cascade) ou dans la préchloration (tour).



Figure 42 : Mélange et passage d'eau chlorée

Le débit du chlore utilisé dépend du débit et de la qualité d'eau brute entrant, il est déterminé dans le laboratoire.

Détection et neutralisation des fuites de chlore :

Le chlore est un gaz jaune verdâtre à odeur irritante. Plus lourd que l'air, il stagne au sol en cas de fuite. Toute fuite de chlore dans la salle de stockage des tanks à chlore ou dans la salle des chloromètres, dépassant un seuil préétabli, est détectée par une sonde liée à un détecteur de fuites de chlore qui déclenche une alarme et met automatiquement en route l'extracteur aspirant l'air chloré et la pompe de solution préparée neutralisante (soude, hyposulfite de sodium). L'air chloré est refoulé à la base du compartiment des anneaux de contact de la tour de neutralisation et cheminé à travers le massif des anneaux jusqu'à la partie supérieure vers l'atmosphère.



Figure 43 : Détecteur de fuite de chlore



Figure 44 : La zone de refoulement d'air chloré

Chapitre III

I. Contrôle de la qualité des eaux de la station de traitement du barrage

El Mansour Eddahbi :

1- Les analyses physico-chimiques :

La température :

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique. Elle permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment), de plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

Les variations de température saisonnières peuvent affecter les eaux, surtout quand elles sont superficielles une température élevée favorise des goûts et des odeurs désagréables. De plus elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques. Les acteurs des eaux peuvent difficilement agir sur la température de l'eau. Les efforts doivent donc se porter sur d'autres paramètres qui évoluent en fonction de la température.

La mesure de pH :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à- dire de la concentration en ions d'hydrogène (H^+), $pH = -\log(H^+)$.

Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois :

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité)
- les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites de pH.
- l'efficacité et les mécanismes de certains traitements (coagulation, contrôle de la corrosion...)

Le principe :

La mesure de pH peut être soit colorimétrique, soit électrométrie. Elle doit être faite sur place, et elle est importante dans le calcul de l'agressivité d'une eau ou de son pouvoir incrustant.



Figure 45 : pH-mètre

La mesure de la conductivité :

La conductivité est la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau.

Principe :

La conductivité d'une solution est définie comme l'inverse de la résistance d'un volume de 1 cm^3 de solution. Sa mesure s'effectue par l'utilisation d'une cellule de conductivité couplée à un conductimètre. Elle s'exprime en $\mu\text{S/cm}$.

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température.

Appareillage :

Conductimètre : donne aussi la température de l'eau.



Figure 46 : Conductimètre

Mesure de la turbidité :

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide et elle est due à des particules en suspension dans l'eau qui diffusent la lumière. Les eaux convenablement filtrées et désinfectées ont des turbidités inférieures à 0,5 NTU.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle des problèmes suivants :

- Précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau.
- Des précipitations formées par l'effet de post.
- Floculation dans le réseau dégrade la qualité organique.

Principe :

La méthode néphélométrique est basée sur la comparaison de l'intensité de lumière diffractée, par l'échantillon à celle d'un étalon de référence dans les mêmes conditions.

Table 1: Classe de turbidité usuelles

Turbidité < 5	Eau claire
5 < turbidité < 30	Eau légèrement trouble
Turbidité > 50	Eau trouble

Appareillage

Turbidimetre, unité NTU=nephelometric turbidity unit



Figure 47 : Turbidimètre

Chlore résiduel

Principe

Le test du chlore sert à détecter par un dosage colorimétrique la quantité du chlore résiduel dans l'échantillon, à l'aide du DPD (di-éthyleparaphénylène diamine), sous forme de comprimé donne en présence de chlore résiduel une coloration rose. Des disques colorés étalonnés spécifiques pour chaque réactif et un comparateur en lumière du jour sont utilisés pour la déduction des différents teneurs en chlore.

- Pour l'eau traitée la valeur varie entre 0,1 et 1 mg/l.
- En cas d'une coloration qui dépasse la valeur on utilise la dilution.

Appareillage

Comparateur en lumière du jour.



Figure 48 : Comparateur du chlore résiduel

Oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO_4)

L'oxydabilité (ou indice de permanganate) correspond à l'oxydation des matières organiques par du permanganate de potassium de concentration connue en milieu acide selon un protocole normalisé (10 minutes à ébullition). Le résultat est exprimé en mg par litre d' O_2 . Les eaux de surfaces présentent en général une oxydabilité comprise entre 3 et 12 mg/L d' O_2 .

Principe

On chauffe à 100°C l'eau à analyser avec une solution de permanganate de potassium KMnO_4 qui n'a pas été réduite.

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on introduit :

- 100 ml d'eau à analyser
- 2 ml d'acide sulfurique concentré
- 10 ml de KMnO_4 (N/100)

Le mélange est porté à ébullition et maintenu pendant 13 min ; après refroidissement, on ajoute des gouttes $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ jusqu'à la décoloration totale ; la titration se fait par KMnO_4 (0,01) jusqu'à l'obtention d'une faible teinte rose.



Figure 49 : Titration par le permanganate de potassium

Expression des résultats

L'indice de permanganate est donné par l'expression suivante :

$$I = 8(10 + a - V_B/b - 1)$$

a = volume (ml) de $KMnO_4$ utilisé pour le tirage de la prise d'essai de l'échantillon.

V_B = volume (ml) de la solution de $KMnO_4$ utilisé pour le titrage de l'essai à blanc.

b = volume (ml) de $KMnO_4$ pour le titrage de l'essai témoin.

Détermination de la dureté totale

Définition :

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la concentration totale en ions calcium (Ca^{2+}) et en ions magnésium (Mg^{2+}). Ils proviennent de la dissolution à partir des roches calcaires ou dolomitiques.

- La dureté totale : $TH = (Ca^{2+}) + (Mg^{2+})$

Le titre hydrotimétrique est fonction de la concentration en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , il est exprimé en °F ou en méq/l.

Principe (Titration complexométrique)

La dureté totale des eaux est déterminée en utilisant la méthode titrimétrique à l'EDTA (Ethylène Diamine Tétra Acétate) qui complexe quantitativement le Ca^{2+} et le Mg^{2+} .

Le milieu est tamponné à pH compris entre 9,5 et 10 en présence du noir d'eriochrome T (NET) comme indicateur.

Mode opératoire

La titration se fait sur un échantillon de 25 ml, au quel est ajouté 5 ml de solution tampon et une pointe de spatule d'indicateur coloré (Noir Erichrome).

La titration est réalisée à l'aide d'une solution EDTA (0,02N), on la maintenu jusqu'au virage du rouge au bleu.



Figure 50 : Titre hydrotimétrique

Expression des résultats :

En méq/l :

$$TH = 0,8 \times T_B \times d$$

T_B : Volume en ml de la solution d'EDTA utilisée pour le titrage de 50 ml d'échantillon.

d : facteur de dilution

En mmol/l :

Détermination de l'alcalinité TA et TAC :

Définition

L'alcalinité d'une eau se définit comme sa capacité à réagir avec un acide.

TA : le titre alcalimétrique.

TAC : le titre alcalimétrique complet.

Principe

L'alcalinité se mesure à l'aide d'une solution titrée acide (HCl) et en présence de phénophtaléine pour TA et l'hélianthine pour TAC.

Mode opératoire :

Détermination de l'alcalinité composite titrable à $\text{pH}=8,3$ (TA) :

A une prise de 100 ml d'échantillon, on ajoute 2 gouttes de phénophtaléine. Si aucune coloration rose ne se développe l'alcalinité composite est nulle (c'est en générale le cas pour les eaux naturelles dont $\text{pH} < 8,3$). Si une coloration est obtenue, on titre avec de l'acide Chlorhydrique jusqu'à la disparition de la couleur rose. Soit V_1 le volume titré.

Détermination de l'alcalinité totale (TAC) :

Ajoute 2 gouttes de solution hélianthine à la solution sur laquelle a été déterminée l'alcalinité composite titrée a $\text{pH} = 8,3$. Continuer à titrer avec la solution d'acide jusqu'au changement de couleur de jaune à jaune orangé. Soit V_2 le volume total titré.



Figure 51 : L'alcalinité TA et TAC

Expression des résultats :

Calcul de TA :

$$TA = C(\text{HCl}) \times V_1 \times 1000 / V$$

V_1 : le volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique consommée pour atteindre un pH de 8,3 ;

V : le volume en ml de la prise d'essai (100ml)

Calcul de TAC :

$$TAC = C(\text{HCl}) \times V_2 \times 1000 / V$$

V_2 : le volume en ml de la solution chlorhydrique consommée pour atteindre un pH de 4,5 ;

V : le volume en ml de la prise d'essai (100ml)

Table 2: les concentrations en CO_3^{2-} , HCO_3^- et OH^-

Alcalinité	Hydroxyde	Carbonate	Bicarbonate
$TA=0$	0	0	TAC
$TA < TAC/2$	0	2TA	TAC-2TA
$TA = TAC/2$	0	2TA	0
$TA > TAC/2$	2TA-TAC	2(TAC-TA)	0
$TA = TAC$	TA	0	0

Les résultats sont exprimés en méq/L et/ou en °F.

Essai d'agressivité au marbre

Principe

On établit le pouvoir dissolvant d'une eau à l'égard du marbre en déterminant l'augmentation de l'alcalinité et du pH.

Lorsqu'une eau atteint son équilibre, elle peut :

- Soit déposer des sels : elle est alors dite incrustante ou entartrant.
- Soit en fixer : elle est alors dite agressive.
- Soit ne manifester aucune de ces propriétés, elle est dite inactive ou inerte.

Mode opératoire

On remplit un flacon de 250 ml par l'échantillon sur le lieu du prélèvement sans laisser aucun vide, on ajoute un barreau magnétique et à l'aide d'une spatule on ajoute environ 0.25 g de marbre pulvérisé CaCO_3 , on bouche hermétiquement et on maintient l'agitation lente 3h, après on laisse reposer l'échantillon pendant toute une nuit. Ensuite, on filtre un volume de 100 ml qui va servir pour mesurer l'alcalinité totale et la partie non filtrée pour la mesure de pHs.



Figure 52 : Essai d'agressivité au marbre

Expression des résultats

Les résultats sont consignés en pH et alcalinité d'échantillon considéré après saturation par le carbonate de calcium c'est-à-dire à l'état de l'équilibre en présence de carbonate. On les notera pHs et TAC.

- Si l'alcalinité de l'eau traitée au marbre est inférieure à celle de l'eau non traitée ($\text{TACs} < \text{TAC}$) cela veut dire que l'eau est incrustante.
- Dans le cas d'une eau agressive ($\text{TACs} > \text{TAC}$), la quantité de chaux nécessaire pour corriger l'agressivité est donnée par l'expression suivante :

$$Q_t = \text{TACs} - \text{TAC} / 0.135$$

Demande en chlore

Définition

Le chlore est un désinfectant puissant utilisé pour le traitement de l'eau potable, à la station, il est employé essentiellement sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium (eau de javel). Doté d'un pouvoir oxydant très important, il est de plus rémanent.

Cette analyse est pour objectif de déterminer le degré chlorométrique d'eau de javel (NaCl , NaOCl).

Détermination de break point

Le point optimale (break point) est la dose du chlore pour laquelle il ne subsiste plus de composés d'addition chlorés dans l'eau. Le plus souvent ces composés sont responsables de dégagement de mauvaise odeur. Break point est la dose du chlore pour laquelle les odeurs sont minimums et chloramines disparaissent.

Mode opératoire :

- on diluera la solution d'hypochlorite ou l'eau de javel, avec de l'eau distillée de façon à avoir une solution à 0.1 g/l.
- on prépare 7 flacons en verre opaque de volume 250 ml, on introduit dans chacun 100 ml d'eau à analyser, puis on ajoute des quantités connues de la solution chlorée, croissante de flacon en flacon, de façon à avoir des concentrations précises en chlore actif.
- après mélange, on laisse les flacons à l'obscurité.
- au bout de 30 min exactement on dose le chlore résiduel avec un comparateur par introduction de réactifs DPD : comprimé de mesure du chlore libre.



Figure 53 : Demande en chlore

Dosage des sulfates

Principe

La méthode se base sur la précipitation des ions sulfates SO_4^{2-} présents dans l'échantillon après leur réaction avec le chlorure de Baryum.

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml on introduit 100 ml d'échantillon (dilution est obligatoire si la concentration de SO_4^{2-} est supérieure à 80 mg/l), on ajoute 5 ml de réactif d'acide chlorhydrique et une spatule (environ 0.5 g) des cristaux du chlorure de baryum, l'agitation doit être maintenu exactement une minute après l'ajout de spatule de chlorure de baryum et par la suite on effectue la mesure par le turbidimètre 60 secondes après, à la longueur d'onde 600 nm.



Figure 54 : l'eau brute avec BaCl₂



Figure 55 : L'eau traitée avec BaCl₂

Expression des résultats

Déduire la valeur lue lors de la mesure, à partir de la courbe d'étalonnage, la concentration en ions sulfates dans l'échantillon est exprimé en mg/l, en tenant compte de toute dilution éventuelle lors de la mesure.

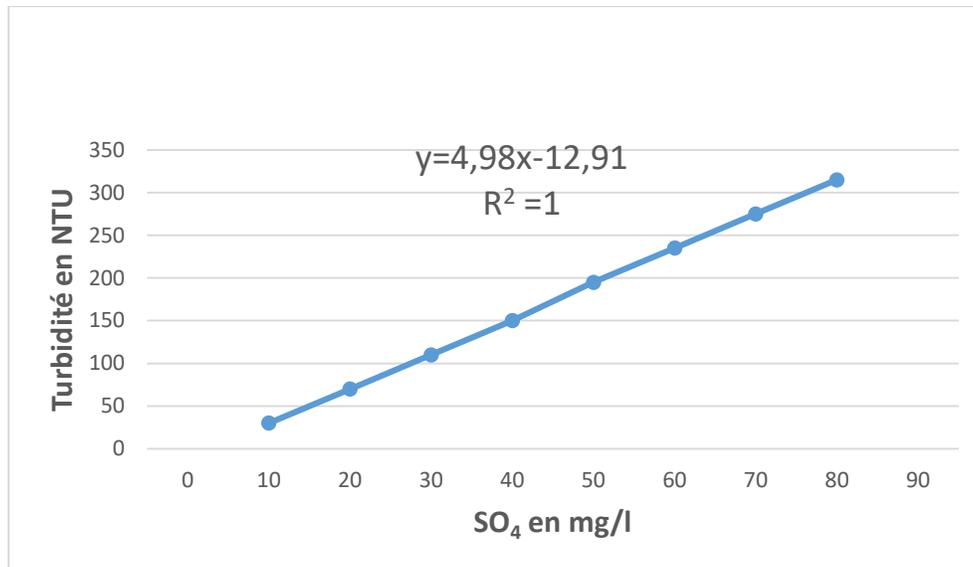


Figure 56 : courbe de concentration du sulfate en fonction de turbidité

2- Les analyses bactériologiques :

L'eau doit être exempte de bactéries et de virus pathogènes. Elle ne doit pas non plus contenir des germes de contamination car ceux-ci signalent la présence de germes pathogènes. Les traitements de clarification et de désinfection permettent de les éliminer efficacement.

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries, pathogènes, responsables d'infections humaines redoutables.

Germes recherchés :

Dans ces analyses on cherche un certain nombre de bactéries dont l'existence dans l'eau peut être considérée comme indice de contamination fécale :

- *Escherichia coli (E. coli)* : est d'origine fécale la raison pour laquelle elle est considérée comme la bactérie la plus importante parmi les indicateurs de pollution fécale.

- **Bactéries coliformes** : ayant les mêmes propriétés à 37°C.
- **Entérocoques intestinaux** : ils sont les plus résistants dans les eaux que les coliformes et donc plus durables, ce qui permettrait de détecter des contaminations anciennes. Cette forte résistance des entérocoques intestinaux pourrait être comparable à celle des virus, et par conséquent, ce groupe pourrait mieux représenter une contamination virale.

Méthode d'analyse : Filtration sur membrane ou Membrane filtrante (MF) pour les eaux traitées :



Figure 57 : Filtration sur membrane

Dénombrement par filtration

1. Filtration de 100 ml d'eau traitée
2. Récupération de la membrane
3. Dépôt sur un milieu approprié : **Tergitole** (pour Escherichia coli et les Bactéries coliformes) et **Slanetz** (pour Entérocoques intestinaux)
4. Incubation pendant 48h à la température requise :
 - E. coli : Incubation à 44°C
 - Bactéries coliformes et Entérocoques intestinaux : Incubation à 37°C
5. dénombrement des colonies typiques

Lecture des résultats :

- E. coli et Entérocoques intestinaux : colonies jaunes ou jaunes orangées
- Bactéries coliformes : colonies rouges violettes ou roses

Nombre de colonies confirmées en UFC/100 ml.

Méthode d'analyse : Fermentation en tubes multiples (NPP) pour les eaux brutes



Figure 58 : Fermentation en tubes multiples

Mode opératoire :

a- Bactéries coliformes et Escherichia coli :

1. Dans 3 tubes ou bouillons Lanryl sulfate de tryptose double concentration on ajoute 10 ml d'échantillon (eau brute), et dans 6 bouillons Lanryl sulfate de tryptose simple concentration on ajoute 1 ml d'échantillon dans 3 tubes et 0,1 ml dans les 3 autres tubes.
2. incubation à 37°C/48h
3. dénombrement des tubes positifs (trouble+gaz)

b- Entérocoques intestinaux :

1. Dans 3 bouillons glucosé à l'azoture double concentration on ajoute 10 ml d'échantillon, et dans 6 bouillons glucosé à l'azoture simple concentration on ajoute 1 ml d'échantillon dans 3 tubes et 0,1 ml dans les 3 autres tubes.

2. incubation à 37°C/48h

3. dénombrement des tubes positifs : trouble et dépôt au fond du tube.

Nombre le plus probable (NPP)/100 ml

II. Résultats des analyses et interprétations :

Les résultats d'analyses physico-chimiques obtenus sont les suivants :

Table 3: Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètre	Unité	Echantillon : Eau brute	Echantillon : Eau traitée	Norme (VMA)
Température	°C	19,5	20,08	Acceptable
pH	-	7,72	7,13	6,5<pH<8,5
conductivité	µS/cm	1342	1391	2700
turbidité	NTU	1,55	0,34	5
Chlore résiduel	mg/L	-	0,6	1
Oxydabilité au KMnO ₄	mg O ₂ /L	3,65	2,83	5
TH	°F ou méq/L	45,6	49	NS*
TA	°F ou méq/L	0,75	0	NS*
TAC	°F ou méq/L	14,9	12	NS*
pHs	-	7,51	7,34	-
TACs	°F ou méq/L	13	12	-
sulfate	mg/L	300,5	372,4	400

NS*= Non Spécifique

-Les résultats de la température :

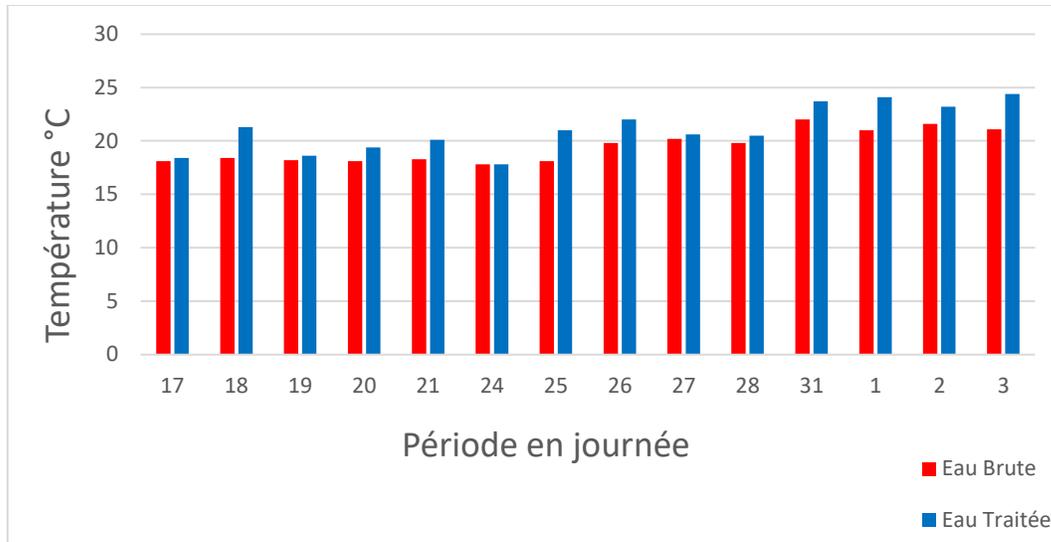


Figure 59 : Variation de la température durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

Les résultats trouvés de la température sont acceptables.

-Les résultats du pH :

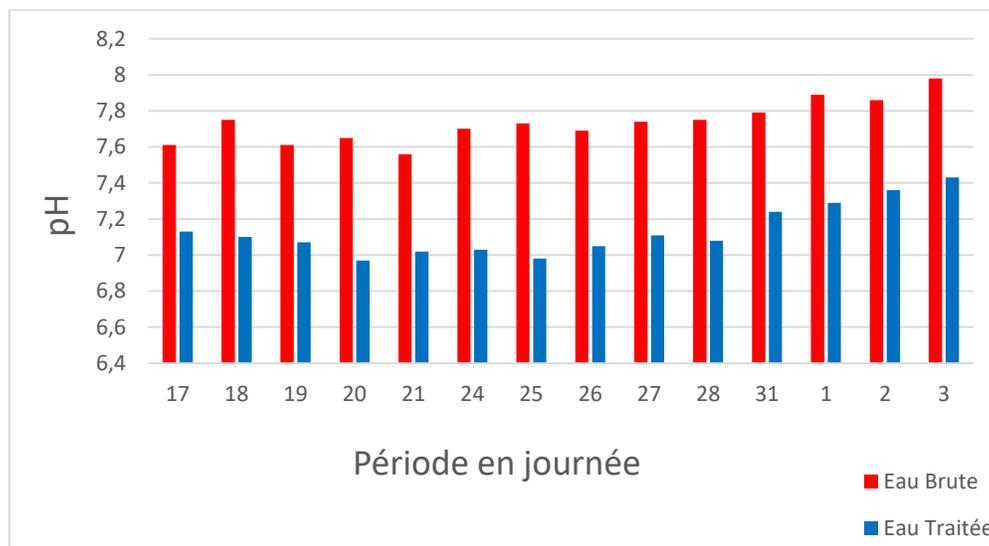


Figure 60 : Variation du pH durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

On remarque d'après les résultats que les valeurs du pH des eaux traitées étudiées sont entre 6,5 et 8,5, donc elles répondent aux normes des eaux potables.

Le pH est varié en fonction de la température, c'est-à-dire si la température est élevée le pH est acide, et si la température est basse le pH est basique.

-Les résultats de la conductivité :

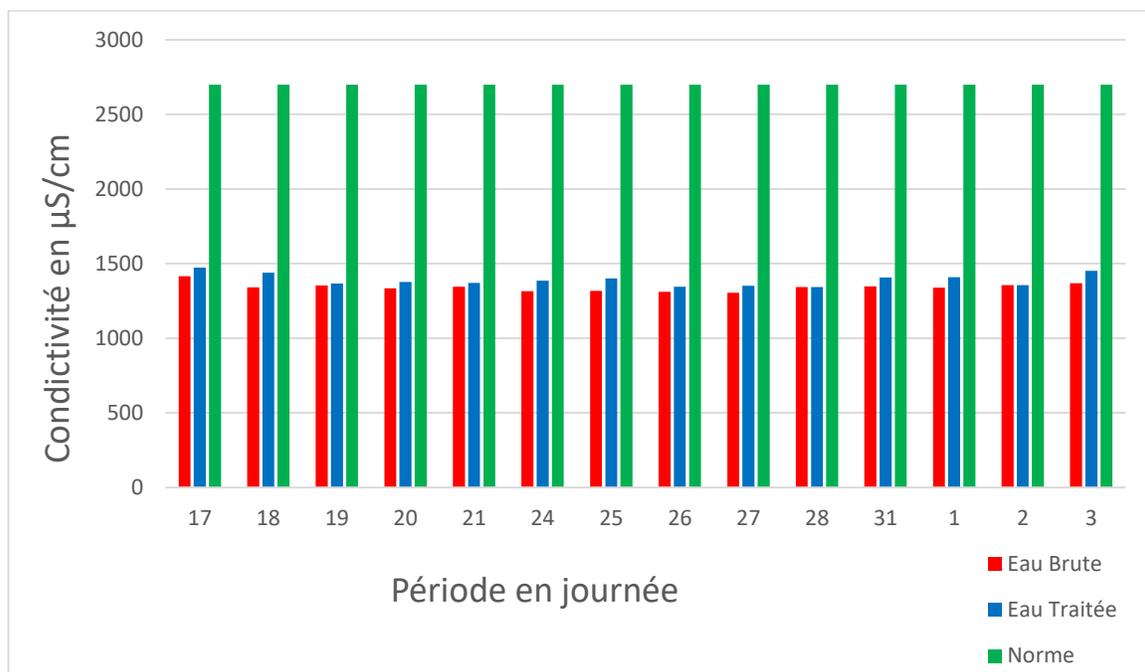


Figure 61 : Variation de la conductivité durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

Toutes les valeurs mesurées de la conductivité sont inférieures à 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ce qui signifie qu'elles répondent à la norme internationale des eaux potables.

On remarque aussi que ces eaux traitées ont des valeurs de conductivité importantes ce qui indique une minéralisation élevée car elles sont toutes globalement supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ceci est dû principalement à la concentration des sels dissouts.

-Les résultats de la turbidité :

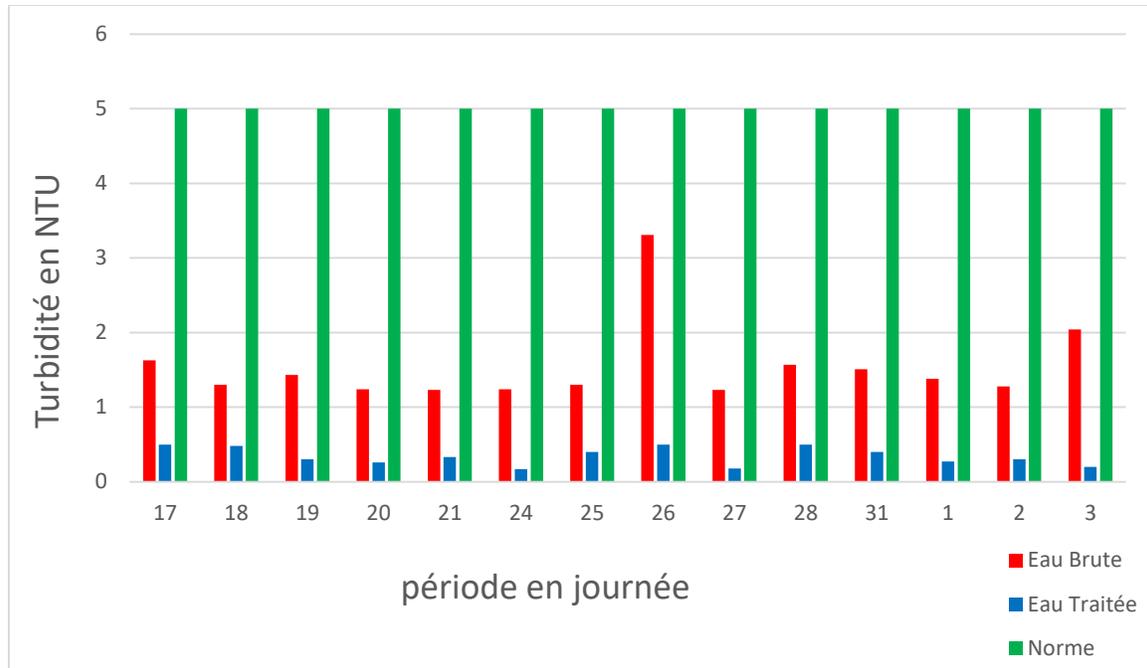


Figure 62 : Variation de la turbidité durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

Les résultats trouvés de la turbidité montrent que toutes les eaux étudiées répondent à la norme.

En fonction de son origine (terrain fissurés, érosion des sols, infiltration des eaux souterraine...), l'eau à l'état naturel peut être plus au moins chargée de particules en suspension ou de matières colloïdales acceptables (argiles, limons, matières organiques, oxydes métalliques, plancton...).

La turbidité de l'eau ne présente pas en soi un risque sanitaire direct, mais elle a pour inconvénient d'offrir une protection aux microorganismes au cœur des particules, elle peut aussi être à l'origine d'une odeur ou d'une saveur désagréable et d'une modification de la couleur de l'eau.

-Les résultats de l'oxydabilité :

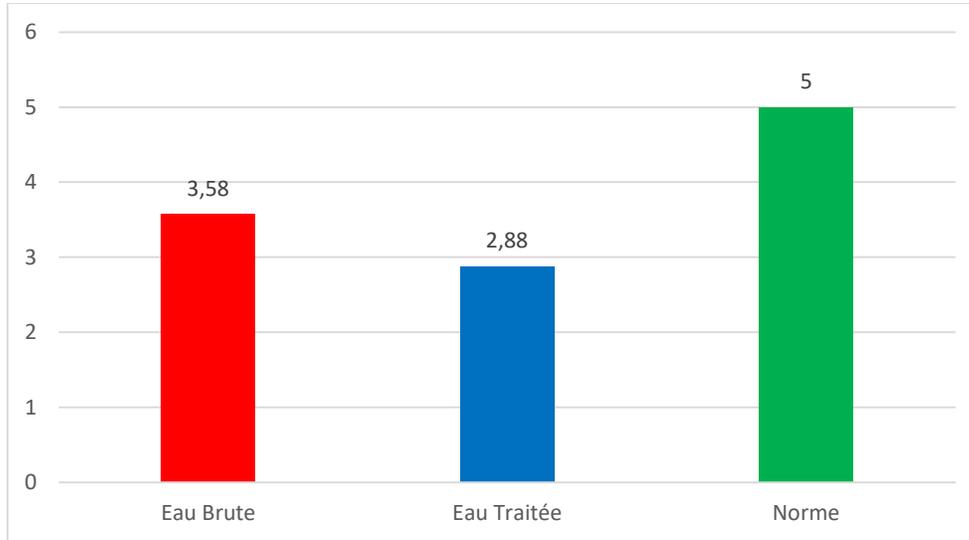


Figure 63 : Variation d'oxydabilité durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

Comme la montre cette figure, la valeur d'indice de permanganate des eaux traitées est dans la norme (inférieure à 5mg/L).

-Résultats des duretés totales :

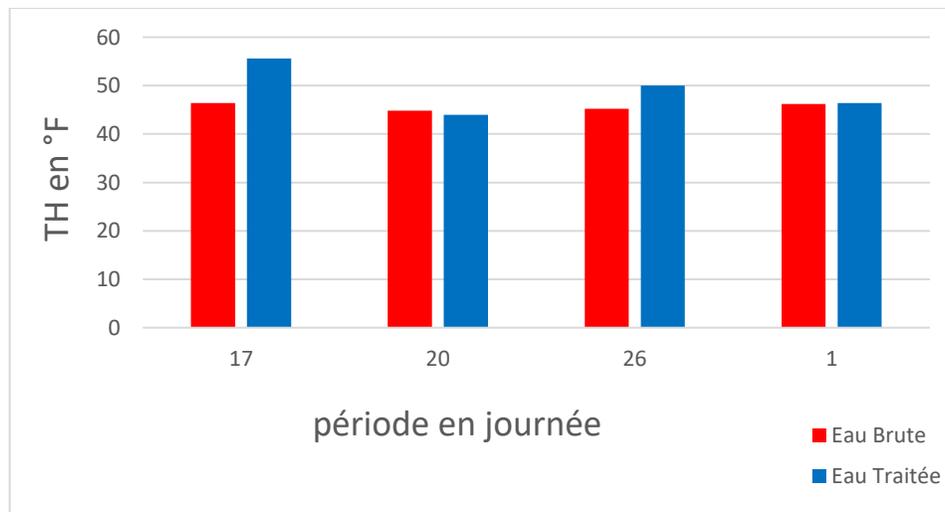


Figure 64 : Variation de la dureté totale durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

Selon la norme, la dureté totale est non spécifique dans ce cas-là on se référera aux directives de qualités pour l'eau de boisson de l'OMS.

En général, une eau alimentaire ne doit pas être trop douce c'est -à-dire sa dureté totale doit être faible, au contraire la dureté des eaux étudiées est grande ce qui montre que ces eaux sont dures ce qui est favorable, car le corps a besoin de calcium de magnésium pour son métabolisme et la constitution de ses os.

-Résultats de l'alcalinité (TAC) :

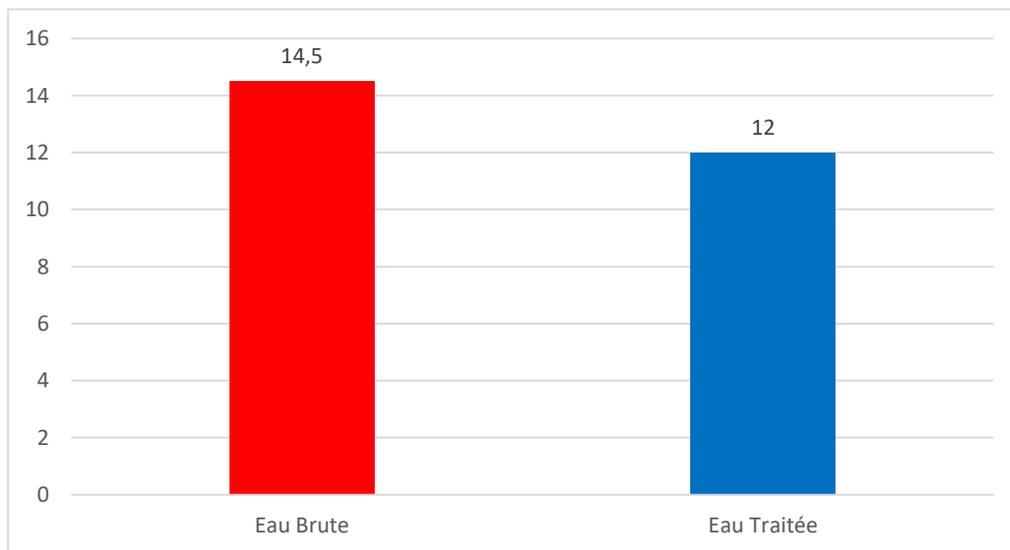


Figure 65 : Variation de TAC durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

Selon la norme, le TAC est non spécifique.

L'eau alcaline est assimilée plus vite par l'organisme parce qu'elle a un faible poids moléculaire. Elle protège aussi les cellules de corps et ralentit le processus de vieillissement des cellules.

-Résultats des sulfates :

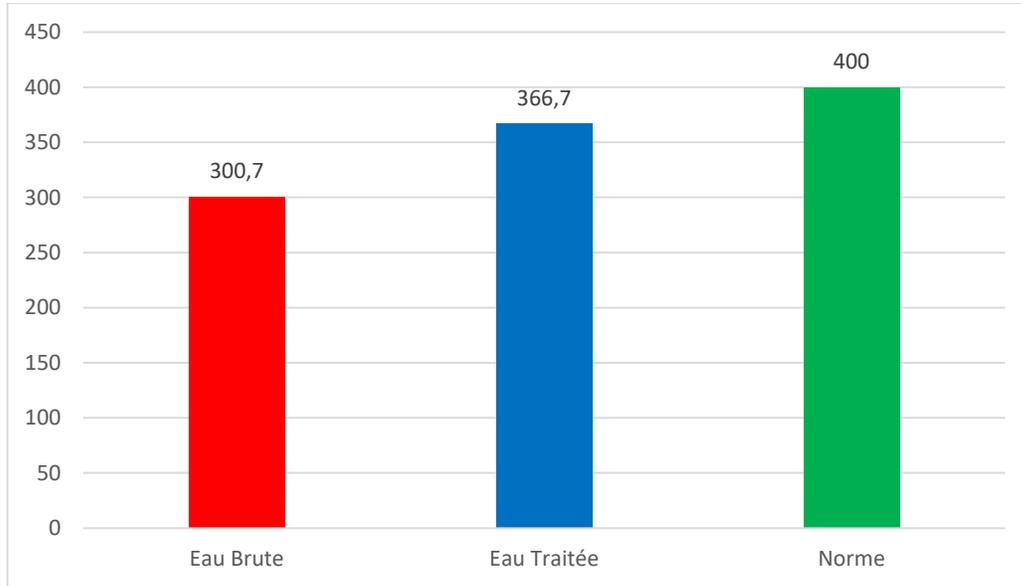


Figure 66 : concentrations de sulfate durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate

Interprétation :

La teneur en sulfates dans l'eau traitée étudiée est inférieure à la norme, cependant cette concentration de sulfate est très élevée, elle est donc très riche en sulfates qui représentent la source majeure de soufre, qui est un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau des ongles, des cheveux, et des hormones comme l'insuline. Sans lui ces molécules n'ont pas la bonne forme et ne peuvent pas fonctionner.

Conclusion

Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, l'eau doit répondre à des critères de potabilité très strictes dictés par le ministère de la santé et le conseil supérieur du secteur d'hygiène publique.

Les eaux naturelles utilisées pour l'alimentation en eau potable de la région de Ouarzazate présentent une qualité acceptable tant que les éléments ne dépassent pas les normes.

Nous effectuons notre stage au sein de l'entreprise ONEE-BE. Lors de ce stage de 4 semaines, nous avons pu mettre en pratique notre connaissance théorique acquise notre formation, de plus, nous sommes confrontés aux difficultés réelles du monde de travail et après notre rapide intégration parmi les membres de l'entreprise nous avons eu l'occasion de réaliser plusieurs tâches qui ont constitué des missions sérieuses de notre stage.

Finalement nous n'avons qu'à exprimer notre satisfaction envers nos relations avec tout le personnel du site qui nous a aidé durant toute la période de stage.

Références bibliographiques

- ✓ CHOUMMIKH I., (2015) - Analyse descriptive de la station de traitement d'eau potable et étude de rendement d'un groupe électropompe, PDF (14 469 Ko), Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique (ENSEM), 82p...
- ✓ La microbiologie des eaux, Direction contrôle qualité des eaux (ONEE-BE) : version : avril 2013.
- ✓ Les méthodes analytiques ; analyse eaux (ONEE-BE) : pp.242.

Liste des tableaux

Table 1 : Classe de turbidité usuelles.....	24
Table 2 : Les concentrations en CO_3^{2-} , HCO_3 et OH^-	30
Table 3 : Résultats des analyses physico-chimiques.....	37

Liste des figures

Figure 1: Station de traitement du barrage El Mansour Eddahbi.....	4
Figure 2: Barrage El Mansour Eddahbi.....	4
Figure 3: Barge flottante.....	6
Figure 4: Réservoir d'eau brute.....	7
Figure 5: La tour de régulation.....	7
Figure 6: Mélangeur de la tour.....	7
Figure 7: Débourbeurs.....	8
Figure 8: Le pont racleur.....	8
Figure 9: Cascade d'aération.....	9
Figure 10: Coagulateur.....	10
Figure 11: Mélangeur rapide.....	10
Figure 12: Floculateur.....	10
Figure 13: Agitateur lent.....	10
Figure 14: Décanteur lamellaire.....	11
Figure 15 : Les filtres à sable.....	12
Figure 16 : Lavage à air + eau (brassage).....	12
Figure 17: Lavage à l'eau.....	13
Figure 18: Réservoir d'eau filtrée.....	13
Figure 19: Réservoir d'eau traitée.....	14
Figure 20: Les pompes de refoulement.....	14
Figure 21 : Les réactifs.....	15
Figure 22 : Les pompes doseuses.....	15
Figure 23: Bac de préparation de polymère.....	16
Figure 24: Pompe doseuse de polymère.....	16

Figure 25:Le réactif $KMnO_4$	16
Figure 26:Pompe doseuse de $KMnO_4$	16
Figure 27:Le sulfate d'alumine en poudre	17
Figure 28:Pompe doseuse du sulfate d'alumine	17
Figure 29:Sulfate d'alumine	17
Figure 30:Bac de préparation de sulfate d'alumine	17
Figure 31:Lait de chaux	18
Figure 32:Pompe doseuse du lait de chaux	18
Figure 33 : Charbon actif	18
Figure 34 : Pompe doseuse du charbon actif	18
Figure 35 : Bâtiment de chlore	19
Figure 36 : Régulateur de vide (détendeur)	19
Figure 37 : Inverseur automatique	19
Figure 38 : Tank en service	20
Figure 39 : Tank en attente	20
Figure 40 : Piège de chlore	20
Figure 41 : Filtre	20
Figure 42 : Mélange et passage d'eau chlorée	21
Figure 43 : Détecteur de fuite de chlore	21
Figure 44 : La zone de refoulement d'air chloré	21
Figure 45 : pH-mètre	23
Figure 46 : Conductimètre	24
Figure 47 : Turbidimètre	25
Figure 48 : Comparateur du chlore résiduel	26
Figure 49 : Titration par le permanganate de potassium	27
Figure 50 : Titre hydrotimétrique	28
Figure 51 : L'alcalinité TA et TAC	29
Figure 52 : Essai d'agressivité au marbre	31
Figure 53 : Demande en chlore	33

Figure 54 : L'eau brute avec BaCl₂.....	33
Figure 55 : L'eau traitée avec BaCl₂.....	33
Figure 56 : Courbe de concentration du sulfate en fonction de turbidité.....	34
Figure 57 : Filtration sur membrane.....	35
Figure 58 : Fermentation en tubes multiples.....	36
Figure 59 : Variation de la température durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate	38
Figure 60 : Variation du pH durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate	38
Figure 61 : Variation de la conductivité durant la mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate.....	39
Figure 62 : Variation de la turbidité durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate.....	40
Figure 63 : Variation d'oxydabilité durant la mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate	41
Figure 64 : Variation de la dureté totale durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate.....	41
Figure 65 : Variation de TAC durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate	42
Figure 66 : Concentrations de sulfate durant le mois Mai et Juin 2021, Ouarzazate	43