



Licence Sciences et Techniques (LST)

# GENIE CHIMIQUE

## PROJET DE FIN D'ETUDES

### Contrôle de qualité de l'eau potable d'Ouarzazate

Présenté par :

- ◆ Mlle TAIBI ALAOUI Soukayna

Encadré par :

- ◆ Mr EL FATRI Abdelmajid (ONEP)
- ◆ Pr LAMCHARFI (FST)

**Soutenu Le 13 Juin 2013 devant le jury composé de:**

- Pr E. H.Lamcharfi (FST)
- Pr B.Ihssane (FST)
- Pr H.Zaitan (FST)

**Stage effectué à l'office national de l'eau potable (ONEP)**

**Année Universitaire 2012 / 2013**

# SOMMAIRE

Introduction.....	1
<b>Chapitre I : présentation générale de l'onep.....</b>	<b>2</b>
a)attributions .....	2
b) les missions .....	2
c) axes stratégiques .....	2
d) les approches .....	2
<b>Chapitre II : étapes de potabilisation des eaux brute.....</b>	<b>3</b>
1. pompage : .....	3
2. stockage .....	3
3. coagulation.....	4
4. aération au niveau des cascades.....	5
5. floculation.....	5
6. décantation.....	6
7. filtration .....	6
<b>Chapitre III : les analyses physico- chimiques .....</b>	<b>7</b>
I. les analyses physico- chimiques .....	7
1 .température .....	7
2. Mesure de pH.....	7
3 Conductivité.....	8
4. La turbidité.....	8
5. L'oxydabilité .....	9
6. dosage des chlorures .....	10
7. chlore résiduel.....	10
8. dosage de l'oxygène dissout .....	11
9. Titre hydrotimétrique .....	13
10. Ion calcium Ca <sup>2+</sup> .....	13
11. Ion MagnésiumMg <sup>2+</sup> .....	14
12. détermination de l'alcalinité d'une eau : TA, TAC.....	14
13. Essai d'agressivité au marbre :.....	15
14. dosage des sulfates .....	16
15dosage des nitrates .....	17
16. autre paramètre .....	19
II. Application sur l'eau destinée à la consommation de la région d'Ouarzazate .....	19
1) Les analyses quotidiennes de : pH, conductivité, turbidité, chlore résiduel .....	19
2) oxydabilité .....	21
3) dosage de sulfate .....	22
4) Dosage de l'oxygène dessous .....	23
5) titre hydrotimétrique .....	24
6) L'alcalinité de l'eau : TA, TAC.....	26
7) dosage des nitrites et nitrate :.....	27
Conclusion .....	29

## Introduction

L'eau est un corps incolore, inodore, insipide, et une ressource naturelle essentielle à la vie : elle représente près de 70% de la surface de la terre. C'est un composé chimique simple dont ces molécules sont composées d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, elle se trouve sous trois formes à savoir :

- liquide : à la température et à la pression ordinaires ;
- solide : à température en dessous de 0 °C ;
- gazeuse : à température au-dessus de 100 °C.

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Afin de se débarrasser des éléments qui présente des dommages pour la santé, le laboratoire de l'ONEP a installé des stations de traitement qui assurent la potabilisation des eaux de surface et souterraine et poursuit aussi l'état de cette eau en procédant par un ensemble des méthodes analytiques, bactériologique et physico-chimique qui permettent de contrôler la qualité des eaux. Dans ce rapport nous allons présenter le suivi des analyses physico-chimiques tels que le pH, la conductivité, l'alcalinité, la dureté et la détermination du chlore résiduel etc. pour contrôler la potabilité de l'eau.

## Chapitre I : Présentation générale de l'ONEP

L'ONEP est un établissement public à caractère industriel commerciale doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

### a) Attributions :

Acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement, les missions de l'ONEP sont :

- Planifier l'approvisionnement en eau potable du Royaume et la **programmation des projets**;
- Etudier l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de production et de distribution ;
- Gérer la production d'eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent;
- Contrôler la qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.

**b) Les missions :**

- Planification de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale ;
- Production de l'eau potable ;
- Distribution de l'eau potable pour le compte des collectivités locales (C.L).

**c) Axes Stratégiques :**

- ❖ Pérenniser, Sécuriser et renforcer l'AEP en milieu urbain.
- ❖ Généraliser l'accès à l'eau potable en milieu rural.
- ❖ Rattraper le retard en matière d'Assainissement liquide.

**d) Les approches :**

- ❖ Assurer une veille technologique.
- ❖ Intégrer le composant environnement.
- ❖ Impliquer le citoyen dans l'économie et la protection des ressources en eau.

## **Chapitre II : Etapes principales de potabilisation des eaux brutes**

Il existe plusieurs procédés de traitement des eaux brutes dont l'application dépend des caractéristiques des eaux à savoir :

**1. pompage :**

Le pompage de l'eau brute s'effectue au niveau de barrage à une profondeur déterminée en se basant sur trois paramètres à savoir :

- la courbe de pH en fonction de profondeur.
- la courbe de la température qui permet de subdiviser la profondeur de barrage en trois zones :

1) **Epilimnion** : dont la concentration de l'oxygène est élevée et l'intensité de la lumière aussi ce qui favorise la photosynthèse :

2) **Thermocline** : elle se caractérise par une diminution rapide de la température

3) **Hypolimnion** : c'est la zone la plus profonde elle se caractérise par une très faible concentration en oxygène et un manque de la lumière ce qui réduit la photosynthèse et favorise d'autres phénomènes qui est l'eutrophisation.

- La courbe qui présente la concentration de l'oxygène dissous en fonction de profondeur.

Le choix de point de pompage permet de se débarrasser d'un ensemble d'éléments indésirables c'est-à-dire ceux qui peuvent perturber le fonctionnement de la chaîne de potabilisation à titre d'exemple les métaux lourds.

**2. Stockage :**

Après le pompage, l'eau brute est conduite vers le tour à l'aide d'une conduite flottante composée d'éléments de 6 m en Inox supportée par un système qui lui assure la flottation et l'autre partie enterrée en font ductile .Au niveau de tour d'eau qui est de forme cylindrique de 3.5m de hauteur , l'eau subite une pré chloration afin d'oxyder toute la matière organique présentée dans l'eau brute ou bien de la réduire, ça d'une part, et d'autre part pour baisser le pH de l'eau qui est de l'ordre de  $7.65 \leq \text{pH} \leq 8.00$  et qui par la suite sera baissé à un pH proche de la neutralité d'environ 7.20 suite à la libération des protons hydrogène  $\text{H}^+$  suivant la réaction :



Le sens de cette réaction se détermine suivant le pH de milieu. Cette réaction montre aussi que le chlore dans l'eau peut se trouver soit sous forme des ions hypochlorites  $\text{OCl}^-$  soit sous forme d'acide hypochloreux  $\text{HOCl}$ . Le but de l'abaissement de pH est d'améliorer l'efficacité de chloration.

La quantité de chlore qui doit être injectée pour un tel volume d'eau brute est détruite à partir de la courbe qui présente le chlore résiduel (mg/l) en fonction de fonction de chlore ajouté (mg/l) tracée suite à des résultats obtenus à partir des essais réalisés au laboratoire de la station sur l'eau brute.

### 3. Coagulation :

Après le tour d'eau brute l'eau va passée aux débourbeurs en passant dans un premier lieu par la chambre de comptage au niveau de laquelle un débitmètre électromagnétique est installé afin de régler le débit d'eau qui entre à la station et en plus un turbidimètre qui indique le taux de matières en suspensions présentées dans l'eau. Dans un deuxième lieu l'eau passe par un mixeur rapide qui assure l'injection et le mélange d'eau avec des produits de traitement à l'entrée des déboucheurs, ces derniers sont deux grandes bassins permettent d'éliminer une forte charge en matières en suspension qui est de l'ordre de 2g/l sous formes des boues à l'aide des racleurs horizontales, et suivant le taux de turbidité le débouillage peut être effectué ou non.

Le réactif injecté au niveau de mixeur est .le sulfate d'alumine qui favorise la coagulation destinée à participer les colloïdes et les grosses agglomérations des particules au niveau des déboucheurs et pour l'amélioration de rendement de ces derniers un adjuvant de floculation est injecté se sont des alginates qui sont des polymères de nature organique.

La quantité de sulfates qui doit être injectée est déduite à partir de l'expérience suivante :

Le prélèvement est réalisé à l'entrée de déboucheurs.

On prépare six béciers de volume un litre. Pour chaque bécier contenant un litre d'échantillon, on ajoute un volume de sulfate d'alumine comme suit :

<i>N de bécier</i>	<i>volume d'échantillon</i>	<i>volume injecté d'<math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math></i>
1	Un litre	1 ml
2	Un litre	2ml
3	Un litre	3ml
4	Un litre	4ml
5	Un litre	5ml
6	Un litre	6ml

**Tableau1: volumed' $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  injecté pour déterminer la Coagulation optimale.**

Et par la suite, on maintient l'agitation, au début, on procède à une agitation rapide de l'ordre de 120 tours/min pendant 2 min on parle alors d'une floculation de nature chimique car elle aboutit à la formation des micro-flocs, ensuite on passe à une agitation lente qui est de l'ordre de 40 tours/min pendant 20min cette fois la floculation est de nature physique dont le but est d'assurer la formation des macro-flocs.

Après on laisse les bécher se sédimente pendant 30min et au cours de cette période on doit observer bien les bécher afin de déduire celui qui présente la meilleure floculation et par la suite on déduit la quantité de  $\text{Al}_2\text{SO}_4$  qui doit être injectée.

Remarque : la charge des boues éliminées au niveau des débourbeurs sera rejetée.

#### 4. Aération au niveau des cascades



**Image 1 : cascades d'aération**

L'eau subit une aération qui permet de réduire la concentration de certains gaz à savoir  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  et éliminer les mauvaises odeurs en passant par les cascades d'aération. Les produits injectés au niveau des cascades sont : le permanganate de potassium qui est un oxydant puissant utilisé afin d'assurer l'oxydation des ions  $\text{Mg}^{2+}$ , un autre réactif injecté c'est le chlore gazeux.

A ce niveau l'étape de prétraitement est terminée, et l'eau, passe par la suite, par des mélangeurs agitateurs à ce niveau d'autres produits seront injectés pour améliorer le rendement de l'étape de la floculation qui va venir par la suite.

#### 5. Floculation :

L'objectif de ce procédé est de favoriser, de plus en plus, le contact entre les particules déstabilisées suite à la création d'un champ d'attraction entre les charges qui se présentent à la surface de ces particules par intervention des réactifs injectés auparavant.

La station possède quatre flocculateurs dont le rendement est amélioré par la présence du mélangeur à vitesse lente et qui assure la formation des flocs volumineux facilement éliminable par les procédés : décantation et filtration.

#### 6. Décantation

La station possède des décanteurs d'ordre de deux et de natures lamellaires munies d'un système qui permet le recyclage des boues le principe d'un décanteur est basé sur le facteur de densité qui est due à la force de pesanteur tout ce passe comme suit : une fois l'eau arrive au niveau des décanteurs les solides s'accumulent sur la plaque inférieure au fur et à mesure en glissant jusqu'au fond du bassin de décantation, et le même facteur intervient dans l'auto nettoyage des bassins de décantation.

#### **7. Filtration :**

L'étape finale c'est la filtration, la station possède quatre filtres à vitesse de filtration rapide destinés à clarifier l'eau en éliminant les particules qui ne sont pas éliminées par les procédés précédentes et aussi éliminer les bactéries, le goût, la couleur, la turbidité .....etc. le principe d'un filtre est l'écoulement de l'eau de haut en bas à travers un lit dont la base est formée d'éléments solides qui vont jouer le rôle d'un support rigide pour le sable et sépare le milieu Filtrant de l'eau filtrée.

De bas en haut le lit est constitué d'éléments de grande taille qui vont retenir le sable.

Une fois le milieu filtrant est encrassé un lavage doit avoir lieu, le procédé de lavage est le suivant :

Une injection simultanée de l'air et de l'eau s'effectue par le fond du filtre dont l'air assure un brassage suffisant pour décoller les impuretés et l'eau entraîne ces impuretés vers les goulottes de lavage, après on stoppe le courant d'air et le lavage se continue par l'eau afin d'entraîner toutes les impuretés. Le lavage se réalise chaque 30 heure après le fonctionnement.

## Chapitre III : Les analyses physico-chimiques

### 1. Température :

#### ▪ Principe :

La mesure de la température doit être faite sur place au moment de prélèvement à l'aide soit d'un thermomètre soit d'une sonde (en °C).

#### ▪ matériel :

Thermomètre

### 2. Mesure de pH :

#### ▪ Principe :

La mesure 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. La nature de la mesure effectuée au laboratoire est électrométrie qui exige des électrodes de verre fragiles et des solutions tampons pour l'étalonnage.

#### ▪ Mode opératoire :

L'étalonnage de l'électrode de verre au moyen d'une solution tampon à pH voisin de ceux à mesurer.

L'étalonnage d'électrode de verre au moyen de deux solution tampon à pH différents de façon à mesurer et afficher sur l'appareil la pente d'électrode, doit être bimensuelle ; si possible hebdomadaire.

Pour des mesures sur le terrain, il est préférable d'utiliser une électrode combinée, groupant en une seule entité l'électrode de verre et celle de référence.

Les appareils non transistorisés exigent un temps de chauffage assez long avant d'effectuer la lecture.

#### ▪ Résultat

Il faut que le pH :

$$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$$

Si le pH inférieur à 7, l'eau est agressive.

Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace ; le pH doit être de préférence inférieure à 8.

### 3. Conductivité :

#### ▪ Définition :

La conductivité est l'inverse de la résistance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes de  $1\text{cm}^2$  de surface et distance l'une de l'autre de 1cm .cette conductivité s'exprime en siemens /cm.

#### ▪ Principes :

La conductivité électrique permet d'avoir une idée de la salinité de l'eau. Une conductivité élevée traduit soit des pH anormaux, soit une salinité élevée.

Eau d'alimentation : Nombre guide = 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$

-50 à 400 : qualité excellente.

-400 à 750 : bonne qualité.

-750 à 1500 : qualité médiocre mais eau utilisable.

-1500 : minéralisation excessive

▪ **Appareillage :**

- Conductimètre
- Les étalons

▪ **Mode opératoire :**

Avant de faire la mesure, il faut d'abord étalonner l'appareil on utilise un étalon qui a une conductivité connue qui varie selon la température.

Puis on met l'électrode et on lit le résultat affiché sur l'écran de l'appareil.

NB : le conductimètre donne aussi la température de l'eau.

**4. La turbidité :**

▪ **Définition :**

La turbidité est un paramètre organoleptique due à la présence de matières en suspension finement divisées : argiles, limon, grain de silice, matière organique, etc. l'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité.

▪ **Principe :**

La méthode néphélogéométrie est basée sur la comparaison de l'intensité de lumière diffractée (effet tyndall) par l'échantillon à celle d'un étalon de référence dans les mêmes conditions opératoires. L'intensité de la lumière diffractée est donnée par la formule de Rayleigh

▪ **Matérielles :**

Turbidimètre

▪ **Mode opératoire:**

- remplir une cuve de mesure propre avec l'échantillon bien homogénéisé et effectuer rapidement la mesure après avoir bien essuyé les parois et le fond de la cuve.
- S'assurer l'absence de bulles d'air avant la mesure.
- Éviter de toucher les cuves aux points où elles sont traversées par la lumière (incidente et diffractée).

▪ **Interprétation :**

Si la turbidité dépasse 5 NUT alors la quantité de matière en suspension est élevée alors que l'eau soit inconsommable.

**5. L'oxydabilité=Matières organiques oxydables en milieu acide :**

▪ **Définition :**

L'indice de permanganates d'une eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en milligramme par litre cédée par l'ion permanganate et consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau dans des conditions définies par la présence norme.

▪ **Principe :**

Oxydation par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition, des matières oxydables contenues dans l'échantillon.

Réduction de permanganate de potassium par l'oxalate de sodium et titrage en retour de l'excès d'oxalate de sodium par le permanganate de potassium.

▪ **Mode opératoire :**

Dans un ballon rodé on introduit :

- 100 ml d'eau à analyser avec

-2 ml d'acide sulfurique concentré

-10 ml de  $\text{KMnO}_4$  (N/100) après le ballon est placé au bain marie (13 min à  $100^\circ\text{C}$ ),

Ensuite on ajoute :

-10ml de l'acide oxalique (0.01) et on attend jusqu'à la décoloration totale.

La titrations se fait par  $\text{KMnO}_4$  (0.01) jusqu'à l'obtention d'une faible teinte rose

On effectue un témoin dans les mêmes conditions avec de l'eau distillée

**Résultat:**

$$\text{O}_2 \text{ (mg)} = (a+b-c) \times 8$$

a: est le volume de permanganate introduit au début 10 ml.

b : est le volume de permanganate ajouté jusqu'au virage au rose  $T_b$ .

c : est le volume de permanganate employer pour titrer le blanc.

Le résultat est exprimé (prise de 100 ml) et l'oxydabilité en :  $\text{O}_2 \text{ (mg)} = V_t \times 0.8$ .

**6. Dosage des chlorures :**

▪ **Principe :**

Les chlorures sont dosés en milieu acide par les nitrates mercuriques  $\text{HgNO}_3$  (0.05N) en présence d'un indicateur de pH à base de diphenyle carbone et de bleu de bromophénol.

▪ **Mode opératoire :**

Dans un erlenmeyer on introduit successivement :

- 100ml d'un échantillon,

-0.5ml d'un indicateur de chlorures

- 0.5 acide nitrique (N/3) jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune franc et on titre par une solution de nitrates mercurique jusqu'à l'apparition d'une teinte violette.

Résultat :  $[\text{Cl}^-] = V_t \times 3.55 \times 10$

**7. chlore résiduel :**

▪ **définition :**



Image 2 : Lovibond® : appareil de comparaison du chlore résiduel.

Avec ses accessoires, le Comparateur Lovibond® constitue un système d'analyse colorimétrique de l'eau extrêmement polyvalent et précis. Il est simple à utiliser et sans compromis pour la précision et la reproductibilité des résultats. Compact et portable, façon au laboratoire.

Le prisme intégré rassemble les étalons de verre des disques de test et l'échantillon coloré dans le même champ de vision. Un support de cuve adaptable permet un ajustement rapide pour accepter des cuves de trajet optique de 1 à 40 mm

Chlore résiduel

▪ **Principe:**

DPD est un indicateur qui traduit la présence de chlore résiduel par des colorations rose se différencie selon la concentration de chlore et par comparaison de la coloration obtenue avec celles des disques de Lovibond on déduit la concentration de chlore résiduel

Sur le terrain ou au laboratoire on utilise des comparateurs (type Lovibond) munis de disque ayant coloration équivalente à celle obtenue après réaction de DPD et du chlore à des concentrations déterminées.

▪ **Mode opératoire :**

- Remplir le tube de Lovibond avec de l'échantillon d'eau
- ajouter DPD
- après réaction de DPD et de chlore on obtient une coloration rose se différencie selon la concentration de chlore et on compare la coloration obtenue avec celle des disques de Lovibond

**8. Dosage de l'oxygène dissout (méthode de Winkler) :**

▪ **Principe**



### **Image 3 : Burette ajusté automatiquement employé pour le dosage de l'oxygène dissout**

Cette technique repose sur l'oxydation de l'hydroxyde manganéux dans une solution fortement alcaline, par acidification en présence d'un iodure .l'hydroxyde manganique formé une fois dissous et il se dégage de l'iode libre en quantité équivalente à celle de l'oxygène initialement dissous dans l'échantillon.

Le titrage de cet iode s'effectue par les thiosulfates de sodium (N/50) en utilisant l'amidon comme indicateur interne.

Lors du titrage final, l'amidon ajouté forme un complexe bleu intense (Presque noir) avec l'iode moléculaire et la disparition finale de cet iode moléculaire, causée par l'addition du thiosulfate rend la solution incolore au point final.

#### **▪ Mode opératoire :**

Doit être impérativement réalisé selon l'ordre prescrit suivant :

- Remplir complètement une bouteille de 250 par l'échantillon.
  - Introduire à l'aide d'une pipette 2 ml de solution de sulfate manganéux ( $MnSO_4$ )
  - Ajouter 2 ml de réactif aux iodures alcalins et à l'azide de sodium ( $NaN_3+NaI$ )
  - Lorsque la partie supérieure du liquide s'est complimment clarifiée, enlever le bouchon et ajouter 2ml d'acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ ) tout au fond de la bouteille.
  - Transvaser une prise d'essai de 100 ml de l'échantillon dans un erlenmeyer.
  - Le titrage s'effectue par la solution de thiosulfates de sodium ( $Na_2S_2O_3$ ) 0.02N jusqu'à obtention de coloration paille, claire.
  - Ajouter 0,5 ml de l'amidon
- Et on continue le titrage jusqu'à l'obtention d'une couleur bleue.

#### **▪ Résultat :**

$$O_2(mg/l)=0.16*c*n*(1000/v)$$

V : volume d'échantillon =100

C : le facteur de correction=1

0.16 : le nombre on mg de  $O_2$  dissous correspondant à 1 ml de  $Na_2S_2O_3$  (0.02N)

n : le nombre de ml de solution titrée de  $Na_2S_2O_3$ =tombé

$$O_2 (mg/l) =Tombé *1.6$$

### **9. Titre hydrométrique =dureté totale :**

#### **▪ Définition :**

C'est une caractéristique très importante. Elle est due aux ions bivalents ;Ca<sup>2+</sup>,Mg<sup>2+</sup>,Fe<sup>2+</sup>,Sr<sup>2+</sup> libres ou associés. Ces métaux sont associés au HCO<sub>3</sub>,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> la dureté peut être très bénéfique sur la santé si on respecte les normes.

▪ **Mode opératoire :**

On ajoute pour un échantillon 100 ml (25ml dans une fiole 100ml et on complète avec l'eau distillé) :

- 5 ml de solution tampon

-Une pointe de spatule d'indicateur (Noir Erichrome) et ont maintenu la titrations par EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu.

▪ **Résultat :**

Pour 100ml d'échantillon :

$$TH = a \cdot n \cdot 0.4 \text{ méq/l} = a \cdot n \cdot 2^\circ F$$

a : nombre de ml de complexons EDTA (0.02M) en ml.

n : le facteur de dilution= (100/25)

Type d'eau	Concentration (méq/l)	Concentration (°F)
Très douce	0- 1.4	0-7°F
Douce	1.4- 2.8	7-14
Moyennement dure	2.8 – 4.4	14- 22
Assez dure	4.4 – 6.4	22 – 32
Dure	6.4 – 8.6	32- 42
Très dure	>8.4	>42°F

*Tableu2 : Interprétation des résultats de la dureté totale*

**10. Ion de Calcium Ca<sup>2+</sup> :**

▪ **Définition :** Suivant la roche avec laquelle l'eau était en contact, les eaux de sources, souterraines et superficielles contiennent des sels Ca<sup>2+</sup>.

▪ **Principe :**

Le titrage se fait par complexométrie.

▪ **Mode opératoire :**

Dans une fiole de 100ml on introduit:

- 25 ml d'échantillon et on ajoute l'eau distillée jusqu'à tri de gaugée

- puis on ajoute 5 ml de la solution tampon,
- une petite pointe de spatule d'indicateur (calcon)
- on titre par la solution complexométrique (EDTA) jusqu'au virage de rose à bleu.

▪ **Résultat :**

Pour 100 ml d'eau la concentration  $\text{Ca}^{2+}$  est:

$$[\text{Ca}^{2+}] = a * 0.4 \text{ méq/l}$$

a : le volume introduit de la solution complexométrique en ml

**11. Ion Magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  :**

▪ **Définition :**

L'origine de cet ion est le résultat de contact entre l'eau avec des roches dolomitiques.

▪ **Principe :**

La concentration en ion  $\text{Mg}^{2+}$  se détermine par calcul.  $\text{TH} = [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}]$  (méq/l)

**12. Détermination de l'alcalinité de l'eau :**

▪ **Définition :**

Généralement l'alcalinité est due à la présence des ions ; carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$ , bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  et Hydroxydes  $\text{OH}^-$ .

**TA** : titre alcalimétrique correspond à la neutralisation des ions  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HCO}_3^-$  en réagissant avec un acide fort.

Avec :  $\text{TA} = \text{OH}^- + 1/2 \text{CO}_3^{2-}$

**TAC** : titre alcalimétrique complet, égale à la somme de  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  ; ce titre correspond à la neutralisation de toutes ces formes par un acide fort.

Avec:  $\text{TAC} = \text{OH}^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$

▪ **Principe :**

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

▪ **Mode opératoire :**

- A une prise de 100 ml d'échantillon,
- on ajoute 2 gouttes de phénophtaléine :
  - S'il n'y a pas de coloration rose le titre TA=0,
  - S'il y a une coloration rose on titre avec HCl (0.1N) jusqu'à disparition de la coloration.

Pour le titre TAC on titre avec Hcl (0.1N) jusqu'au virage de jaune orange.

**Calculs :**

$$TA = n \cdot N \text{ méq/l}$$

$$TA = n \cdot N \cdot 5 \text{ °F}$$

TAC= tombé de la burette

Ion	[OH <sup>-</sup> ] (mg/l)	[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ] (mg/l)	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] (mg)
<b>TA = 0</b>	0	0	12,2 TAC
<b>TA &lt;TAC/2</b>	0	12 TA	12,2(TAC-2TA)
<b>TA =TAC/2</b>	0	6TAC	0
<b>TA &gt;TAC/2</b>	3,4(2TA-TAC)	12(TAC-TA)	0
<b>TA =TAC</b>	3,4TAC	0	0

**Tableau3 : Calcule de la concentration CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et OH<sup>-</sup>**

Le TA et le TAC sont exprimés en degrés français.

**13. 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.

▪ **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 on bouche hermétiquement et on maintient l'agitation 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 pH.

Les résultats obtenus seront notés ; pH et TACs.

Si TACs < TAC, l'eau est incrustante ;

Si TACs > TAC, l'eau est agressive ;

Si l'eau est agressive, la quantité nécessaire de chaux pour corriger cette agressivité (en ppm) est calculée par :

$$(TACs - TAC) / 0,135 \text{ avec TACs et TAC sont exprimés en °F}$$

**14. Dosage des sulfates :**

▪ **Principe :**

Dans un volume d'acide chlorhydrique contenant de chlorure de baryum les ions sulfates se précipitent en cristaux des sulfates de baryum mesurables par transmission à la Turbidimètre.

▪ **Mode opératoire :**

Dans un erlenmyer de 250ml on introduit :

- 100ml d'échantillon (on dilue 10ml d'échantillon dans 90 ml d'ED)
- on ajoute 5 ml de réactif d'acide chlorhydrique
- Une spatule (environ 0.5 g) des cristaux du chlorure de baryum,
- L'agitation doit être maintenue exactement une minute
- on effectue la mesure par le turbidimètre 60 secondes après, à la longueur d'onde 546nm.

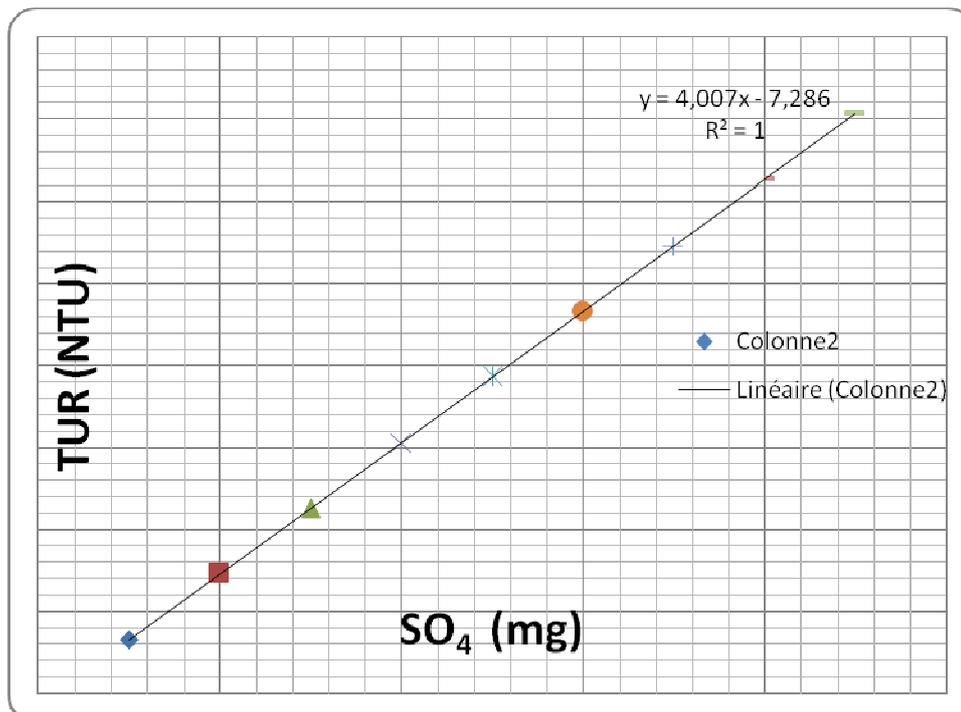
▪ **Résultat :**

Grâce à la courbe d'étalonnage :

$$y = 4.0076x - 7.2862$$

$$y = \text{turbidité} ; x = [(\text{SO}_4)^2] ;$$

Et à partir de la turbidité obtenue on peut déduire la concentration en ion  $\text{SO}_4^{2-}$ .



Figur1 (a) : LA Courbe d'étalonnage de sulfate

15. **Dosage des nitrites dans L'eau par l'alphaNphtylamine :**

▪ **Principe :**

L'acide sulfanilique en milieu acide en présence de Naphtylamine forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un composé diazoïque de couleur allant de rose faible au rose rubis, dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de nitrites.

▪ **Mode opératoire :**

N° de tube	Témoin	Tube (1)
Eau distillée (ml)	10	0
Eau à analyser (ml)	0	10
Solution d'acides sulfuriques (ml)	1	1
Solution de naphtylamine (ml)	1	1

**Tableau 4: Préparation des tubes pour le dosage des nitrites**

Et après 2h on lit les par spectrophotomètre

**16. . Dosage des nitrates :**

▪ **Principe :**

Une fois les nitrates passent dans une colonne contenant du cadmium amalgamé, elles se transforment en nitrites et par la suite on effectue un dosage de nitrite (voir dosage des nitrites)



Image 4 : la colonne dans laquelle on fait passer les nitrates

▪ **Préparation de la colonne :**

On remplit la colonne avec de l'eau après avoir fermé sa partie inférieure par un tampon de laine de verre, on verse le cadmium amalgamé jusqu'à l'extrémité supérieure de la colonne. On fait rincer le lit par le passage d'une solution de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  diluée. La vitesse d'écoulement est réglée à 5-8 ml/min.

La solution de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  diluée permet de garder la colonne hors de la période d'utilisation.

▪ **Mode opératoire :**

Dans deux fioles de 50 ml on introduit respectivement dans la première:

-50ml d'eau distillé ; 1.3ml  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Et dans la deuxième : 5ml de l'échantillon ; 45ml de ED.1.3 ml de  $\text{NH}_4\text{Cl}$

On verse respectivement les deux fioles dans la colonne.

Puis on introduit dans chaque fiole :

-0.4ml de d'acide sulfanilique (après 5min on ajoute) :

-0.4ml de réactif NED

Et on lit les résultats par spectrophotomètre

**17. Autres paramètres :**

On procède aussi à la mesure de la quantité de quelques éléments chimiques à savoir ; le Fer, le Manganèse, l'Aluminium.

**I. Application sur l'eau destinée à la consommation de la région d'Ouarzazate**

**1) Les analyses quotidiennes de: pH, Conductivité, Turbidité, chlore résiduel**

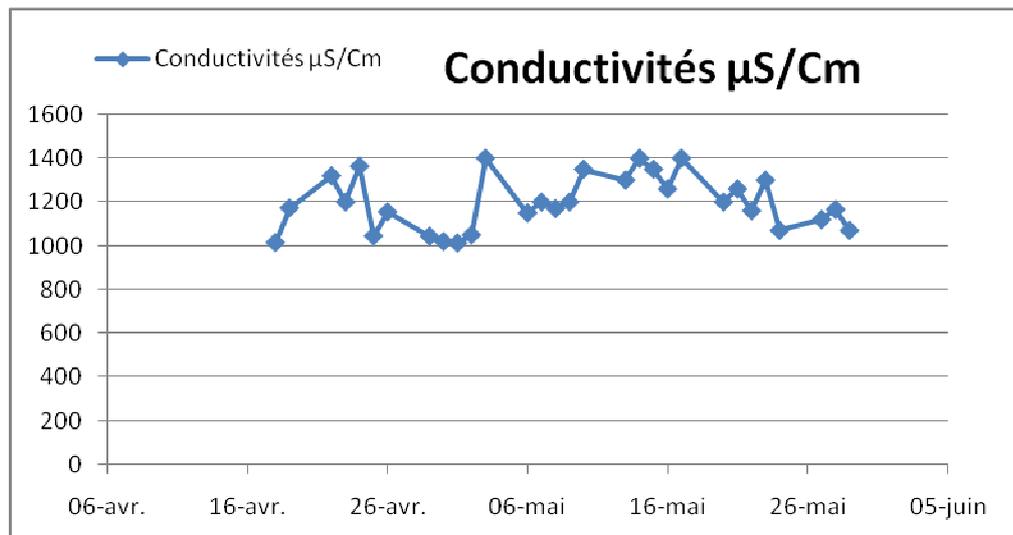
▪ **Résultats :**

Ce tableau présente les valeurs de pH, conductivités, Turbidité, chlore résiduel,

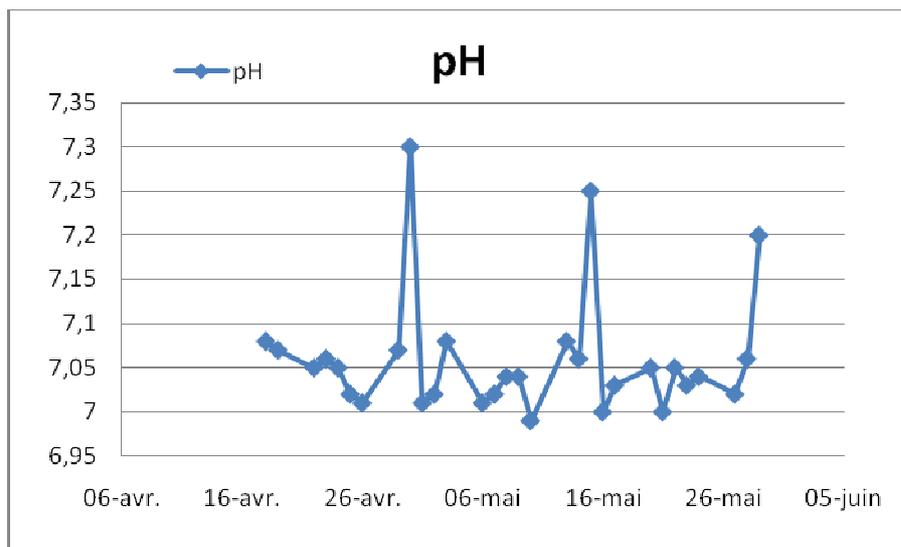
Les jours	pH	Conductivités $\mu\text{S}/\text{Cm}$	Turbidités NUT	Chlore résiduel Mg/l
18/04	7.08	1015	0.3	0.5
19/04	7.07	1173	0.3	0.4
22/04	7.05	1320	0.25	0.4
23/04	7.06	1200	0.20	0.3
24/04	7.05	1364	0.29	0.3
25/04	7.02	1045	0.21	0.2
26/04	7.01	1155	0.2	0.6
29/04	7.07	1044	0.3	0.4
30/04	7.30	1020	0.4	0.2
1/05	7.01	1013	0.4	0.2
2/05	7.02	1050	0.44	0.5
3/05	7,08	1400	0.5	0.5
6/05	7.01	1150	0.51	0.6
7/05	7.02	1200	0.2	0.6
8/05	7.04	1170	0.26	0.5
9/05	7.04	1200	0.19	0.4

10/05	6.99	1350	0.12	0.5
13/05	7.08	1300	0.40	0.3
14/05	7.06	1400	0.44	0.2
15/05	7.25	1350	0.44	0.2
16/05	7.00	1260	0.55	0.3
17/05	7.03	1400	0.29	0.5
20/05	7.05	1200	0.36	0.3
21/05	7.00	1260	0.40	0.4
22/05	7.05	1160	0.30	0.2
23/05	7.03	1300	0.40	0.5
24/05	7.04	1070	0.36	0.2
27/05	7.02	1120	0.29	0.3
28/05	7.06	1166	0.13	0.3
29/05	7.20	1070	0.15	0.4

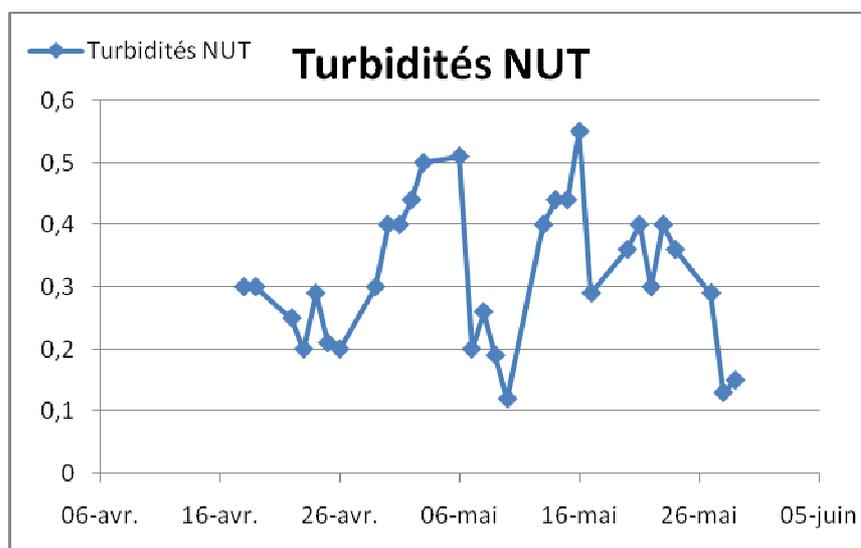
**Tableau 5: mesure de pH ; Conductivité ; Turbidité ; Chlore résiduel.**



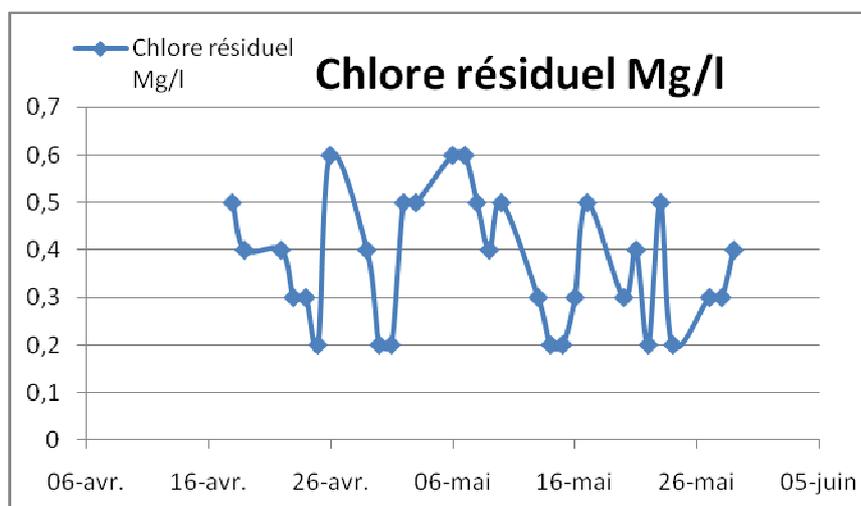
**Grphe n°1 :mesure de conductivité en  $\mu\text{s}/\text{cm}$**



**Graphe n°2 : mesure de pH**



**Graphe n° 3 : mesure de turbidité en NUT**



**Graphe n° 4 : les valeurs de clore résiduel en mg/l**

### Interprétation :

D'après ce tableau on remarque que : les valeurs de turbidité et de chlore est dans les normes mais les valeurs de conductivités sont élevées et le pH neutre dans la plus par des jours sauf pour les jours 30/04 et 15/03 92/05 est un peut basique donc dans ses jour la qualité de l'eau n'est pas très bien

### 2) L'oxydabilité

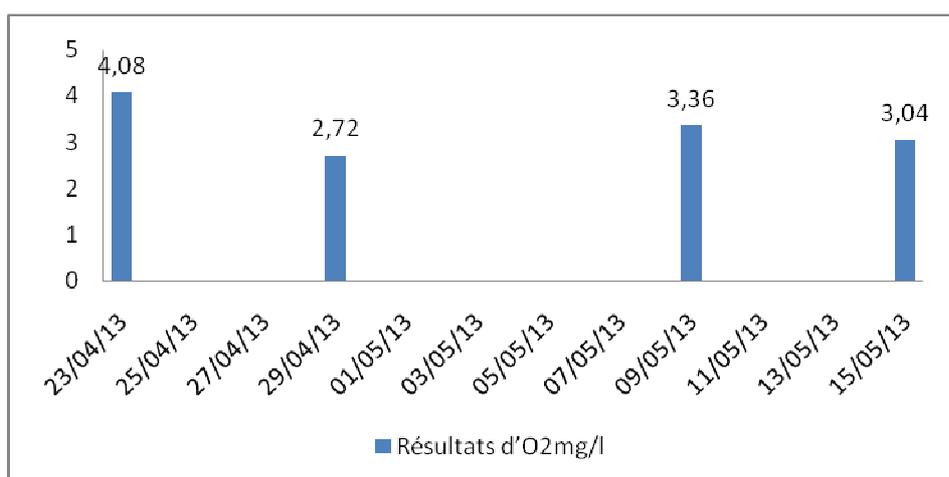
#### Résultat :

Pour une prise de 100ml le taux de l'oxygène est exprimé par la relation suivante:

$$O_2 \text{ mg/l} = V_t * 0.8$$

Les jours	Résultats d'O <sub>2</sub> mg/l
23/04	4,08
29/04	2,72
9/05	3,36
15/05	3,04

Tableau6 : mesure de taux de l'oxygène en mg/l



Histogramme n°1 : mesure de l'oxydabilité

Les valeurs de O<sub>2</sub> est inférieure a 5mg/l alors ses résultats et dans les normes et la qualité de l'eau est bien

### 3) Dosage du sulfate

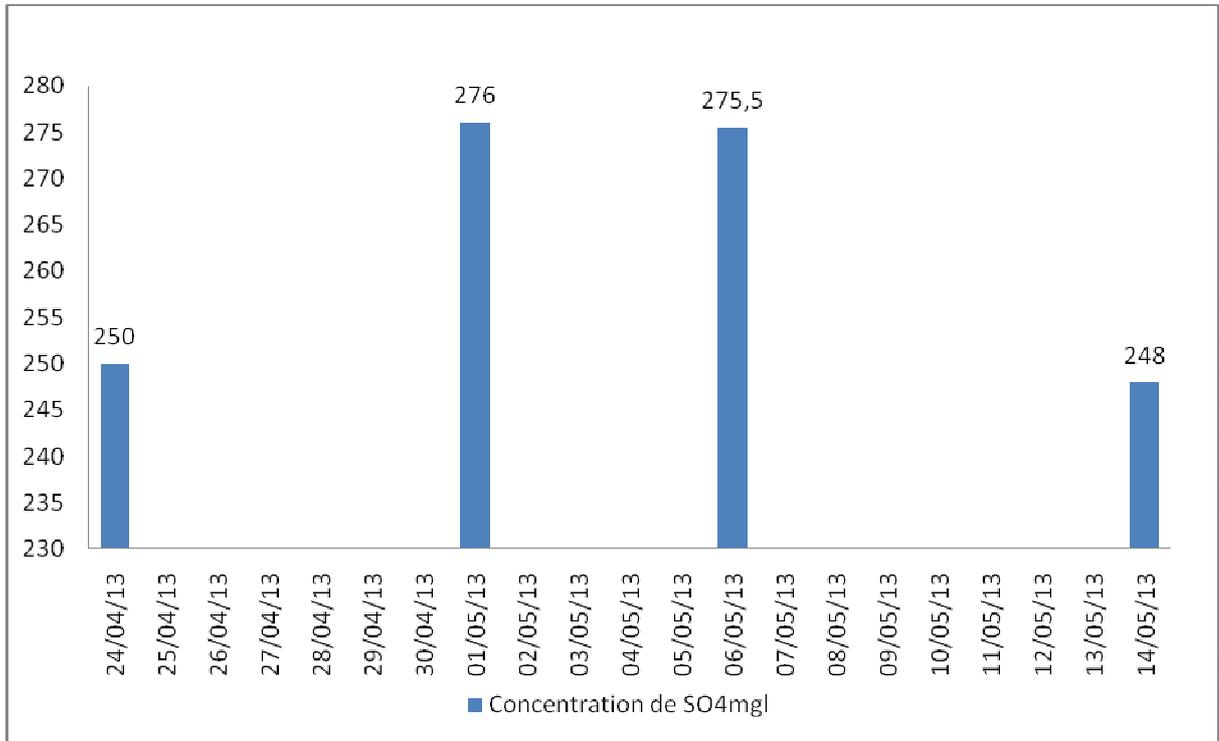
#### Résultats :

On effectue la mesure par turbidimètre et gras à la courbe d'étalonnage et à partir de la turbidité obtenue on peut déduire les concentrations de SO<sub>4</sub> suivant en multiplions par le facteur de dilution :

Les jours	Turbidité	Concentration de SO <sub>4</sub> mg/l
24/04	92	250
1/05	101	276

6/05	100	275,5
14/05	90	248

**Tableau7 : mesure des concentrations de sulfate en mg/l**



**Histogramme n°2: mesure de la concentration de SO4 en mg/l**

Les concentrations de [SO<sub>4</sub>] ne dépassent pas 400 mg/l alors son dans les normes et l'eau est consommable avec une qualité assez bien

**4) Dosage de l'oxygène dessous :**

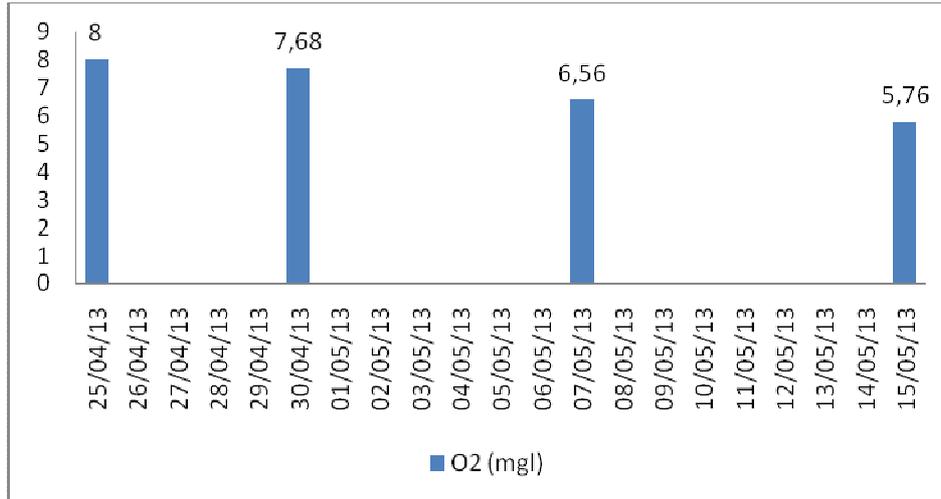
**Résultats :**

Pour un volume de 100ml les résultats calculés à partir de la relation suivante :

$$O_2 \text{ (mg/l)} = V_t * 1.6$$

Les jours	Vt (ml)	O <sub>2</sub> (mg/l)
25/04	5	8
30/04	4.8	7.68
7/05	4.1	6.56
15/05	3.6	5.76

**Tableau8 : mesure de taux de l'oxygène en mg/l**



**Histogramme n°3: mesure de l'oxygène dissous en mg/l**

Les valeurs de O<sub>2</sub> en mg est entre 5 et 8 mg/l dans les normes et la quantité de O<sub>2</sub> est suffisante pour éliminer les mauvaises odeurs et elle n'est pas dangereuse pour la santé donc la qualité de l'eau est bien.

### 5) Titre hydrotimétrique=dureté totale, Ion Ca<sup>2+</sup>, IonMg<sup>2+</sup>

#### Résultats :

a) En méq/l de TH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>

$$TH = a \cdot 4 \cdot 0.4 \cdot fd$$

$$[Ca^{2+}] = a \cdot 4 \cdot 0.4 \cdot fd$$

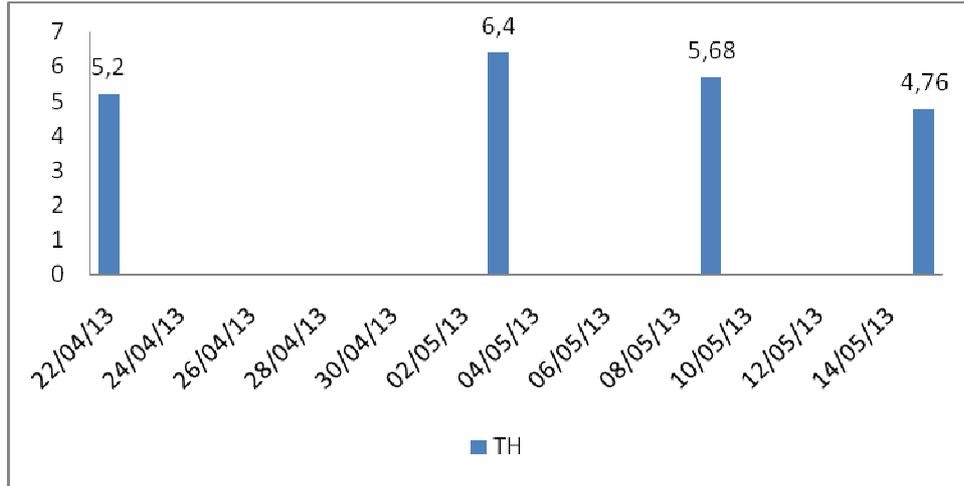
$$[Mg^{2+}] = TH - Ca^{2+}$$

a: nombres de ml de complexions.

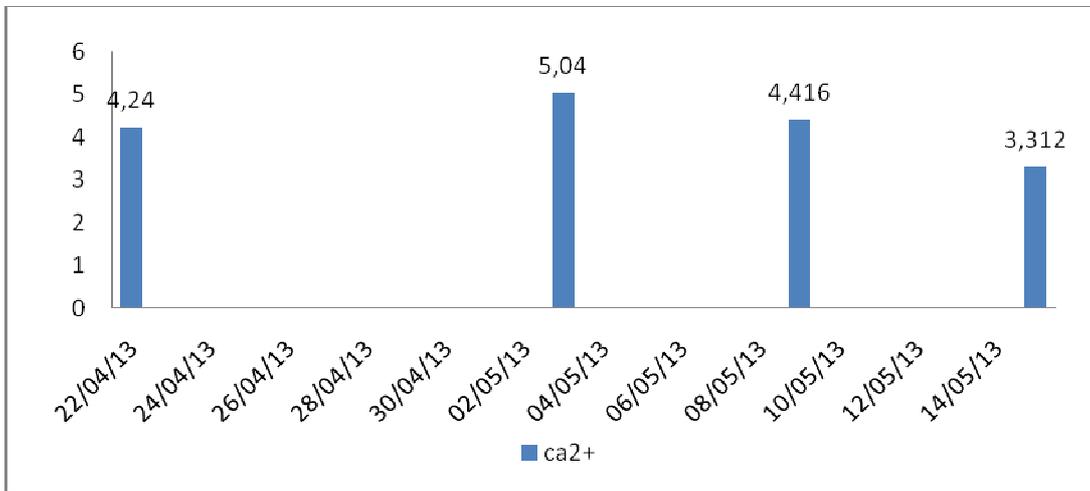
fd : facteur de dilution.

Les jours	TH méq/l	[Ca <sup>2+</sup> ] méq/l	[Mg <sup>2+</sup> ] méq/l
22/04	5.2	4.24	0.96
3/05	6.4	5.04	1.36
9/05	5.68	4.416	1.264
15/05	4.76	3.312	1.448

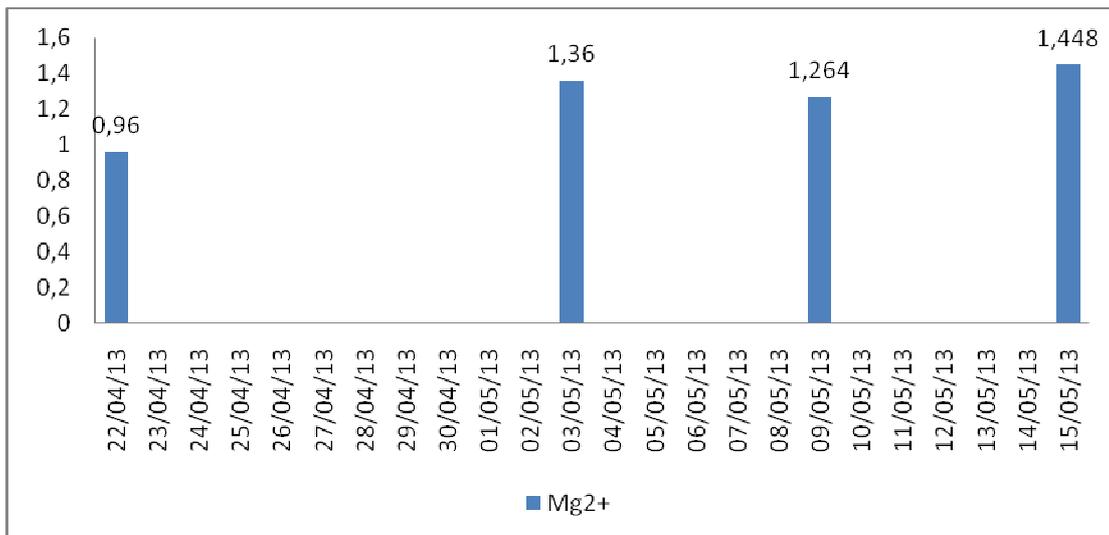
**Tableau9 : mesure de TH, concentration de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, en méq/l**



Histogramme n°4: mesure de TH



Histogramme n°5: mesure de la concentration de ca<sup>2+</sup> en méq/l



Histogramme n°6: mesure de la concentration de Mg<sup>2+</sup> en méq/l

b) La quantité de Ca<sup>2+</sup> et Mg<sup>2+</sup> en mg/l

$$\text{Ca}^{2+} = (\text{N} / \text{P}) * \text{M}$$

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{N} / \text{P}) * \text{M}$$

avec  $\text{M}(\text{Ca}^{2+})=40$  et  $\text{M}(\text{Mg}^{2+})=24$  et  $\text{P}=2$

Les jours	$\text{Ca}^{2+}$ mg/l	$\text{Mg}^{2+}$ mg/l
22/04	84.8	11.52
3/05	100.8	16.32
9/05	88.32	15.168
15/05	66.24	17.376

**Tableau10 : mesure de la concentration de  $\text{Ca}^{2+}$  ;  $\text{Mg}^{2+}$  ; en mg/l**

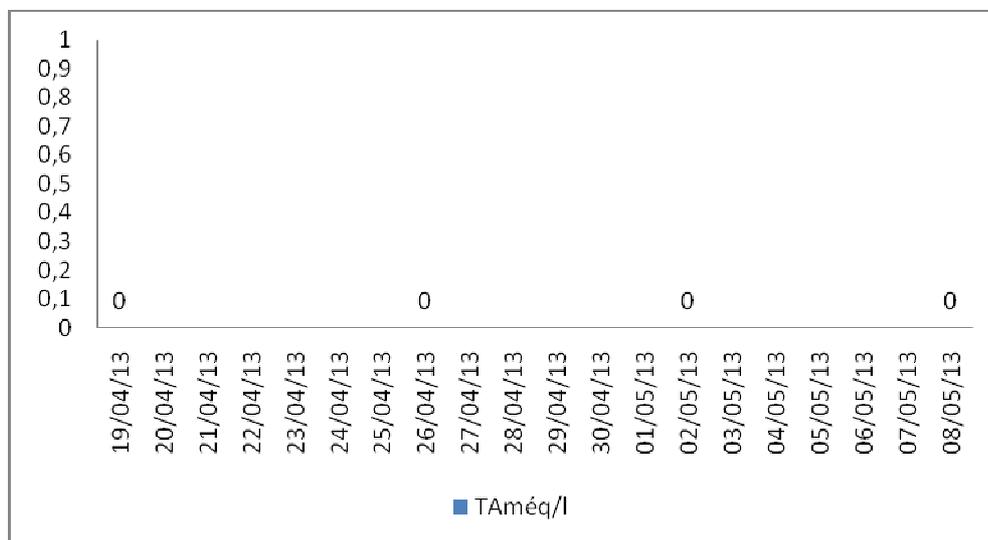
On remarque que le TH est entre 4.4 et 6.4 alors que l'eau soit assez dure et la qualité de l'eau ni pas très bien et on remarque aussi que la concentration de  $\text{Ca}^{2+}$  est supérieure à  $\text{Mg}^{2+}$

#### 6) L'alcalinité de l'eau : TA, TAC

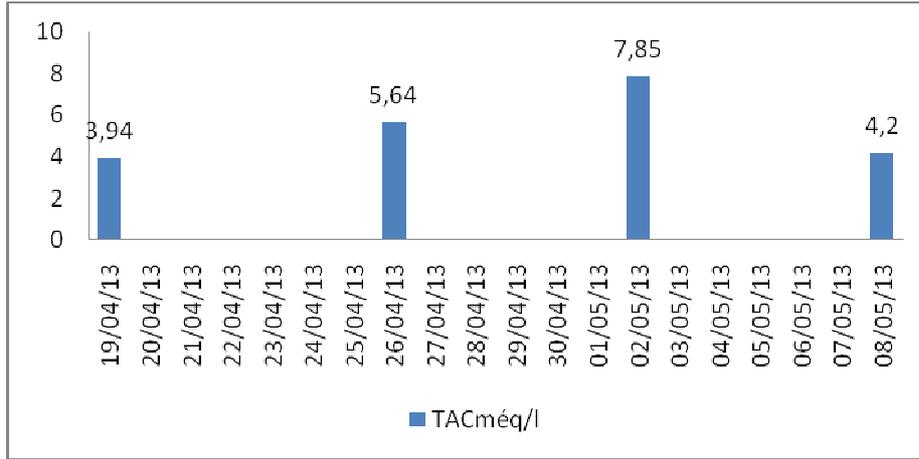
##### Résultats :

Les jours	TAméq/l	TACméq/l
19/04	0	3.94
26/04	0	5.64
2/05	0	7.85
8/05	0	4.2

**Tableau11 : mesure de TA et TAC en méq/l**



**Histogramme n°7 : mesure de TA en méq/l**



**Histogramme n°8 : mesure de TAC en méq/l**

A partir de ses résultats on conclure les concentrations de  $[\text{OH}^-]$   $[\text{CO}_3^{2-}]$   $[\text{HCO}_3^-]$  avec TAC en°F(1méq=5°F) :

$$\text{HCO}_3^- = 12.2 * \text{TAC méq/l}$$

$$= 61 * \text{TAC mg/l}$$

Les jours	$[\text{OH}^-]$ (mg/l)	$[\text{CO}_3^{2-}]$ (mg/l)	$[\text{HCO}_3^-]$ (mg/l)
19/04	0	0	240.34
26/04	0	0	344.04
2/05	0	0	478.85
8/05	0	0	256.2

**Tableau 12 : Calcul de concentration de  $[\text{OH}^-]$ ;  $[\text{CO}_3^{2-}]$ ;  $[\text{HCO}_3^-]$  en mg/l**

### 7) Dosage des nitrites et nitrate :

#### Résultats :

- Nitrites :

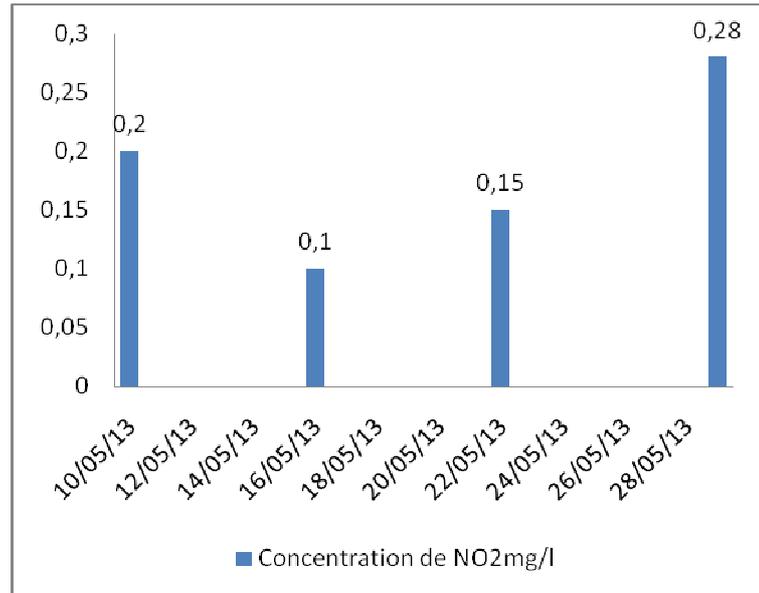
On lit les résultats par spectrophotomètre après 2h de la préparation

- Nitrate :

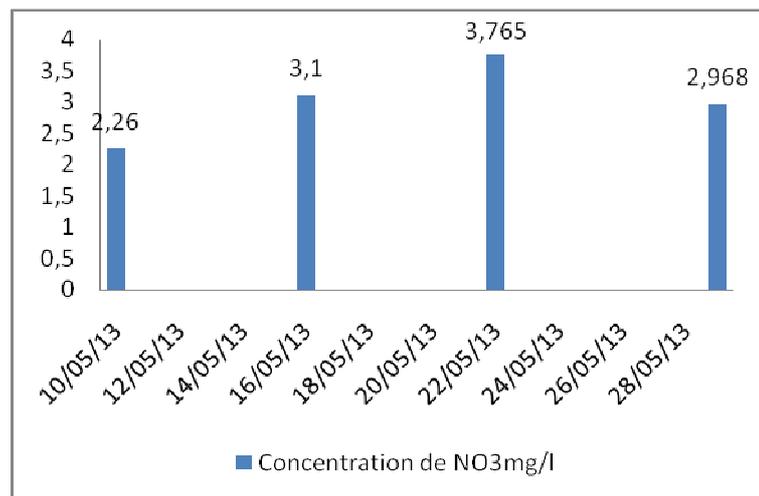
$$\text{NO}_3 = (\text{lecture} * 4.43 * \text{fd}) / 1000$$

L jours	Concentration de $\text{NO}_2$ mg/l	Concentration de $\text{NO}_3$ mg/l
10/05	0.2	2.26
16/05	0.1	3.10
22/05	0.15	3.765
29/05	0.28	2.968

**Tableau 13 : calcul des concentrations  $[\text{NO}_2]$  ;  $[\text{NO}_3]$  en mg/l**



**Histogramme n°9: concentration de NO<sub>2</sub> mg/l**



**Histogramme n°10: concentration de NO<sub>3</sub> en mg/l**

Les quantités de nitrite sont inférieure à 0,5 et les valeurs de nitrate sont inférieure à 50 ainsi que le rapport  $:(NO_3)/50 + (NO_2)/3$  ne dépasse pas 1 donc ces quantités est dans les normes et non dangereux pour la santé donc la qualité de l'eau est très bien.

# Conclusion

Les analyses effectuées sur l'eau d'Ouarzazate montrent que cette eau respecte les normes marocaines et les normes internationales (OMS : l'organisation mondiale de la santé).

Il faut noter que cette eau présente une conductivité et une dureté élevées dues à l'élévation de la salinité des ressources naturelles et au sol crayeux (que traversent les sources) riches en ion  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Malgré ces taux élevés, cette eau reste dans les normes et elle est considérée comme potable.

## Références Bibliographiques

-« Methade b'essai de l'office nationale de l'eau potable » janvier 1990.

-L'encyclopédie libre sur Internet WIKIPEDIA :[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

# ANNEXES

## NORMES MAROCAINES DE L'EAU POTABLE

<b>Paramètre</b>	<b>Expressions des Résultats</b>	<b>V MA</b>
Potentiel Hydrogène	Unité PH	6,5<=pH<=8,5
Turbidité	Néphélogétrie (NTU)	5
Conductivité	µS/cm	2700
Chlore	Cl : mg /l	750
Sulfate	SO <sub>4</sub> : mg /l	400
Oxygène Dissous	O <sub>2</sub> : mgo <sub>2</sub> /l	5 < O <sub>2</sub> < 8
Oxydabilité Au KMnO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub> : mg /l	5
Nitrite	NO <sub>2</sub> : mg/l	0.5
Nitrate	NO <sub>3</sub> : mg/l	50
Manganèse	Mn mg /l	0.5
Cuivre	Cu : mg/l	2
Fer	Fe : mg /l	0.3
Zinc	Zn : mg/l	3
Mercure	Hg : µg /l	1
Fluorure	F : mg/l	1.5