



Licence Sciences et Techniques (LST)

TECHNIQUES D'ANALYSE ET CONTROLE DE QUALITE (TACQ)

PROJET DE FIN D'ETUDES

ANALYSE DE L'EAU ET CARTE DE CONTROLE D'UN SPECTROPHOTOMETRE UV-VISIBLE

Présenté par :

♦ Jihane BOUTGUELMOUST

Encadré par :

- ♦ Mr. BOUHLAL AZIZ (ONEE-Branche eau Meknès)
- ♦ Pr. C. AMEZIANE HASSANI (FSTF)

Soutenu Le mercredi 17 Juin 2015 devant le jury composé de:

- Pr. C. AMEZIANE HASSANI
- Pr. F. KHALIL
- Pr. H. CHTIOUI

Stage effectué à L'ONEE-Branche eau Meknès.

Année Universitaire 2014 / 2015

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

☒ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

☒ Site web : <http://www.fst-usmba.ac.ma>

DÉDICACE :

Je dédie ce travail : à mes parents, mon frère qui m'ont soutenus, et aussi à mes amies.

Merci encore mille fois à mes chers et à toute personne qui de près ou de loin a participé à la réalisation de ce projet de fin d'étude.

REMERCIEMENTS :

*Tout d'abord, je tiens à remercier le chef de service **Mr. BOUHLAL Aziz** de m'avoir permis d'effectuer ce stage au sein du laboratoire, et toute l'équipe du laboratoire pour leur accueil et leur collaboration.*

Plus précisément, j'adresse mes remerciements à :

***Mr. ALAOUI Youssef, Mr. MAALAM Mohamed, Mr. LMSYAH Rachid et Mlle. AMHAWCH Zahra** pour leurs explications et le suivi qu'ils ont apporté à mon stage, ainsi que pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'ils m'ont fait vivre durant cette période.*

De plus, je remercie tout particulièrement mon **Pr. C. AMEZIANE HASSANI** de m'avoir offert son temps, son soutien, ses conseils et son encouragement.

De même, je remercie les membres de jury : Mr. KHALIL et Mr. CHTIOUI.



Sommaire

Sommaire

DÉDICACE :	1
REMERCIEMENTS :	1
INTRODUCTION GENERALE :	4
I. Présentation de l'ONEE-Branche eau :	5
I.1. Historique :	5
I.2. Activités et missions :	5
I.3. Organigramme général de l'ONEE Branche-eau Meknès :	6
II. Présentation du laboratoire du contrôle de qualité d'eau potable :	7
II. 1. Aménagement du laboratoire et disposition du matériel :	7
II. 2. Activités et missions :	7
II.2. 1. Echantillonnage et prélèvement :	8
II. 2. 2. Sélection des méthodes :	8
II.2. 3. Réalisation d'analyse :	8
II. 3. Ressources en eau :	8
III. l'eau potable :	9
III.1. Définition :	9
III.2. Composition chimique :	9
IV. Analyse organoleptique et physico-chimique :	10
IV.1. Turbidité :	10
IV.2. Conductivité :	11
IV.3. Le potentiel hydrogène pH :	12
IV.4. La dureté ou hydrotimétrie :	13
IV.4.1 Analyse TH :	13

IV.4.2 Analyse Ca^{2+} :	14
IV.5. La détermination de l'alcalinité :	14
IV.5.1 Test T.A :	15
IV.5.2 Test T.A.C :	15
IV.6. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium:	16
IV.7. Détermination des chlorures :	17
IV.8. Dosage des sulfates par turbidimètre :	18
IV.9. Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire :	19
V. les analyses bactériologiques :	21
V.1. Les besoins en eau et en ions minéraux pour la croissance des bactéries :	21
V.2. Importance du Contrôle bactériologique de l'eau potable :	21
V.3. Prélèvement d'échantillon :	21
V.4. Milieux de culture :	22
V.5. Test bactériologique d'eau traitée : méthode par membrane filtrante :	22
VI. Résultats et discussions :	24
VII. les cartes de contrôle :	29
VII.1. Définition :	29
VII.2. Utilité des cartes de contrôle dans un laboratoire de contrôle de qualité :	29
Conclusion :	33

Introduction générale :

L'eau est une molécule qui joue plusieurs rôles majeurs dans la vie de toutes les créatures.

L'eau recouvre $\frac{3}{4}$ de la terre, on en distingue :

- ✓ **Les eaux de surfaces** telles que : rivières, mers, barrages....
- ✓ **Les eaux souterraines** : forages, puits, sources...

La qualité de l'eau est la préoccupation actuelle des êtres humains car, de nos jours, à cause de la pollution dont le monde entier souffre, l'eau devient polluée et contaminée. Par conséquent, les scientifiques cherchent à développer de nouvelles procédures pour le traitement des eaux quelque soit leurs natures (leurs origines) en se basant sur les services des **laboratoires de contrôle de qualité**.

En effet, le **Maroc** est l'un des pays qui vise à améliorer la qualité des eaux ; tout d'abord il s'est engagé depuis longtemps à instaurer dans chaque région du royaume des stations de traitement qui répondent aux normes en mettant en œuvre tout une panoplie d'équipements et de techniques. Ce qui nécessite impérativement la présence d'un personnel compétents.

Une eau de qualité doit répondre à plusieurs normes pour pouvoir être consommée sans qu'il n'y ait aucun risque sur la santé publique ; De ce fait, l'eau potable doit avoir **les spécifications** suivantes :

- ✓ limpide;
- ✓ incolore;
- ✓ inodore;
- ✓ Avoir un pH d'environ 7 (être ni trop acide ni trop basique);
- ✓ Avoir une quantité acceptable de sels minéraux;
- ✓ Exempte de substances indésirables dissoutes (nitrates, pesticides, etc.) ou en suspension;
- ✓ Exempte de substances toxiques (arsenic..) ;
- ✓ Exempte de microorganismes vivants pathogènes;
- ✓ Respecter les concentrations maximales des substances faisant partie de la liste émise selon les normes marocaines.

Pendant mon **stage de fin d'étude**, j'ai eu la possibilité de voir de près les tâches effectuées dans **un laboratoire de contrôle de qualité d'eau potable**. Dans ce rapport, je vais traiter les analyses physico-chimiques et bactériologiques dans le but de garantir une eau répondant aux normes marocaines. J'avais aussi la possibilité de surveiller le bon fonctionnement du spectrophotomètre d'absorption moléculaire en établissant sa carte de contrôle.

Chapitre I : présentation de l'ONEE-Branche eau.

I. Présentation de l'ONEE-Branche eau :

I.1. Historique :

L'Office National d'eau et d'électricité de Meknès (ONEE) : est un établissement public à caractère industriel, commerciale doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

L'ONEE :

- En **1929**, grâce au Dahir chérifien **REIP** (Régie d'Exploitation Installation et Planification) a vu le jour.
- Ensuite, elle a pris le nom **REP** (Régie d'Exploitation et Planification).
- En 1972, elle a pris le nom de **l'ONEP**.
- Finalement, son nom est devenu **ONEE-branche eau**.

Bref, l'Office National d'électricité et de l'Eau Potable –branche eau est l'organisme gouvernemental qui assure la gestion de la ressource en eau potable et de sa production au Maroc, elle couvre 10 directions régionales.

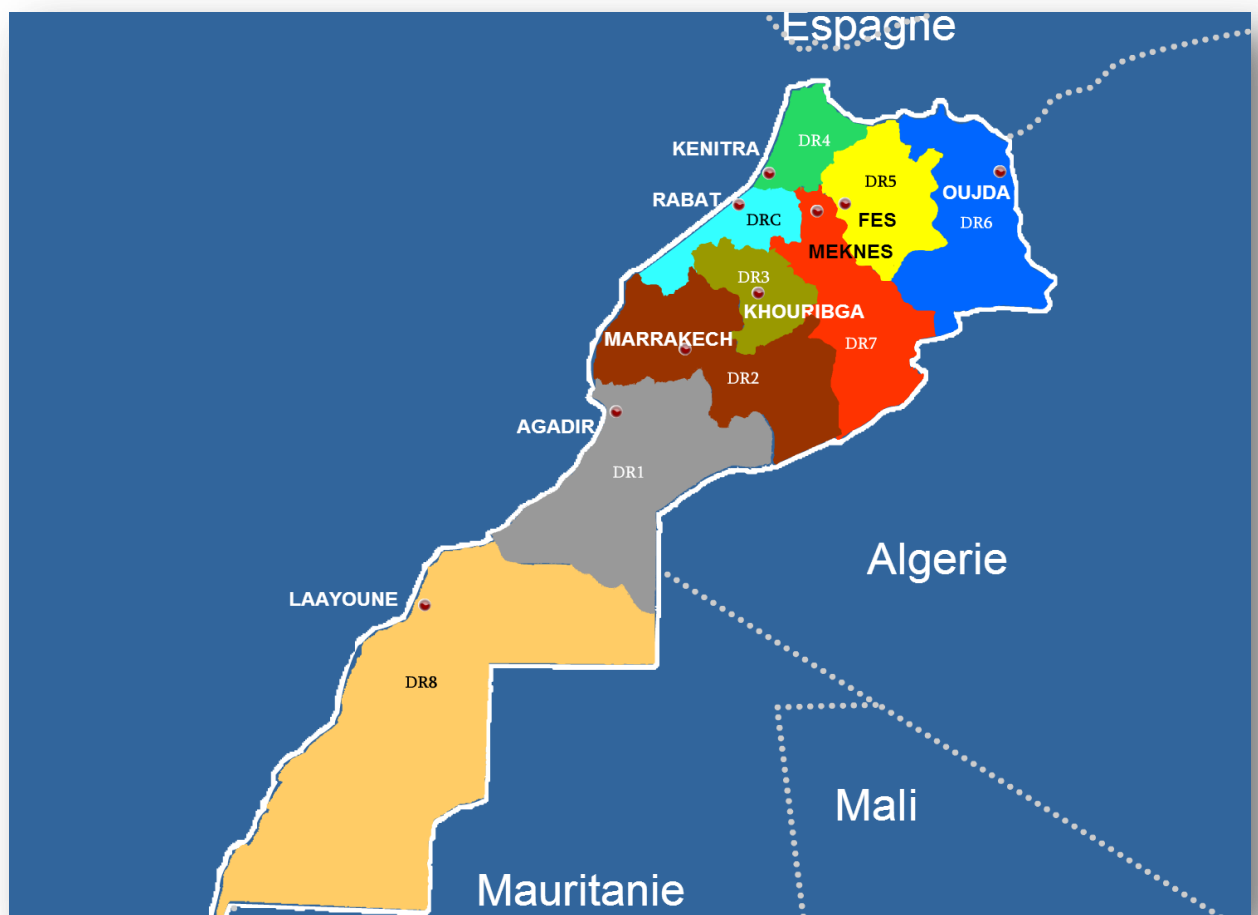


Figure I.1: Les 10 directions régionales couvertes par l'ONEE

I.2. Activités et missions :

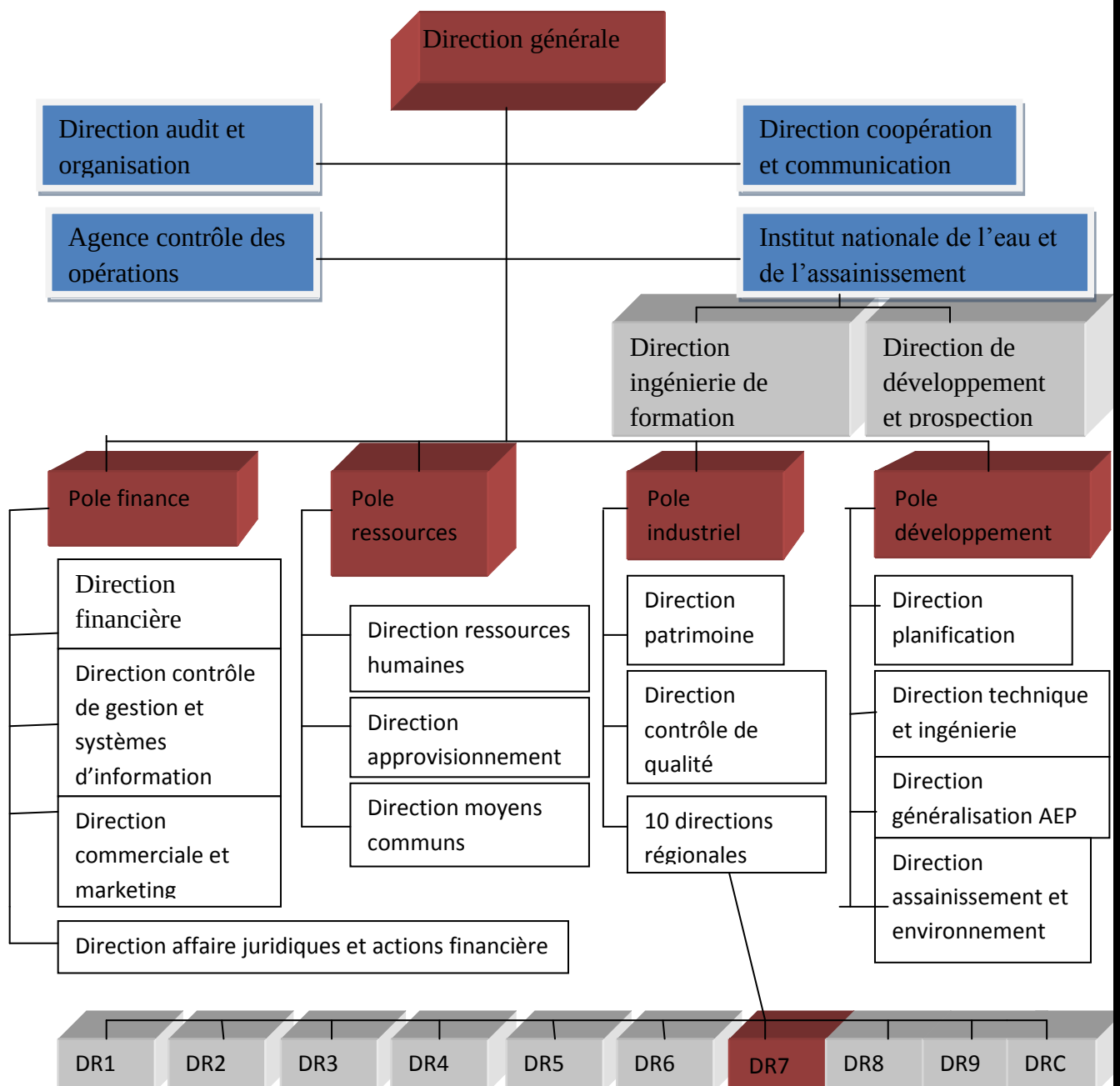
L'ONEE-Branche eau cherche toujours à réaliser plusieurs activités telles que :

1. Planification de l'approvisionnement en eau potable (AEP) à l'échelle nationale.
2. Production de l'eau potable.
3. Distribution de l'eau potable pour le compte des collectivités locales
4. Gestion de l'assainissement liquide.
5. Contrôle de la qualité des eaux.

I.3. Organigramme général de l'ONEE Branche-eau Meknès :

Un **organigramme** est une représentation schématique des liens et des relations fonctionnels, organisationnels et hiérarchiques qui existent entre les éléments et les individus d'une organisation formelle et met en évidence sa structure organisationnelle.

La figure I.4-1 : en dessous représente l'organigramme de l'ONEE-Branche eau



Chapitre II : présentation du laboratoire du contrôle de qualité d'eau potable

II. Présentation du laboratoire du contrôle de qualité d'eau potable :

Certes, **la qualité** est un objectif primordial pour tout laboratoire souhaitant gagner la confiance de ses clients en leur donnant des résultats exacts.

En effet, La mise en place d'un système d'assurance qualité doit être un objectif partagé par l'ensemble du personnel du laboratoire ; l'implication de chacun à son niveau de responsabilité est indispensable à la réussite de cet objectif.

II. 1. Aménagement du laboratoire et disposition du matériel :

Cette procédure est nécessaire en vue de faciliter le travail de l'analyste.

Dans Un laboratoire d'analyse on trouve :

- Espace de réception et d'entreposage.
- Espace de lavage et de stérilisation.
- Espace de préparation des milieux de culture.
- Espace de travail d'analyste.
- Les activités physico-chimiques et bactériologiques doivent être effectuées dans des locaux séparés pour éviter les contaminations.
- Disponibilité des équipements de sécurité.

II. 2. Activités et missions :

En vue de veiller à **la traçabilité de l'information** dans un laboratoire de C.Q, on effectue une **multitude d'activités quotidiennes**, à titre d'exemple:

- Assurer la bonne qualité bactériologique des tables de travail et de l'air ambiant.
- Toute verrerie utilisée doit être bien lavée à l'aide des détergents puis mise à l'étuve.
- Les flacons qu'on utilise lors de l'échantillonnage sont arrangés selon des lots qu'on numérote pour pouvoir revenir facilement en arrière, en cas d'erreurs.
- Chaque flacon utilisé doit être étiqueté en notant le lieu et la date du prélèvement.
- Il est important de conférer à Chaque produit ou milieu de culture:
 - ✓ La date de réception.
 - ✓ La date de préparation.
 - ✓ La date d'expiration.
 - ✓ Nom du fournisseur.
- Chaque appareil est muni d'une **fiche** permettant de surveiller son fonctionnement. À titre d'exemple :
 - ✓ une fiche de contrôle de la température des réfrigérateurs et des incubateurs.
 - ✓ Des fiches de contrôle de l'étalonnage des appareils.

II. 2. 1. Echantillonnage et prélèvement :

Les termes prélèvement et échantillonnage sont employés dans un très grand nombre de domaines (production industrielle, agroalimentaire, environnement...). Dans celui de l'eau, ces termes peuvent être définis de la façon suivante :

Échantillonnage: opération qui consiste à prélever une partie -considérée comme représentative- d'une masse d'eau en vue de l'examen de diverses caractéristiques définies.

Prélèvement : Action qui consiste à extraire un certain volume d'une masse d'eau, autrement dit c'est une prise d'essai réalisée sur un échantillon.

II. 2. 2. Sélection des méthodes :

Pour effectuer l'analyse, l'analyste doit choisir **la méthode** qui répond à un ensemble de **critères** tels que : la limite de détection, la zone de linéarité, la capacité du laboratoire et le coût des analyses....

II. 2. 3. Réalisation d'analyse :

En routine, la réalisation de toute analyse doit respecter rigoureusement **le mode opératoire** qui a été validé. Celui-ci permet de **garder la mémoire des conditions opératoires** qui ont été validées pendant la phase de développement de la méthode. Il permet également de **conserver la traçabilité**, grâce aux différentes versions, des conditions opératoires d'analyses qui ont été utilisées à une date antérieure.

Bref, L'assurance et le contrôle de qualité sont essentiels pour délivrer **des résultats fiables et significatifs** aux clients. Sans cela, les résultats obtenus peuvent souvent s'avérer être contre-productifs.

II. 3. Ressources en eau :

Le laboratoire de contrôle de qualité de l'ONEE DR7 (direction régionale 7) effectue l'analyse d'eau provenant en l'occurrence de la région MEKNES-TAFILALT.

L'approvisionnement en eau potable de la ville de Meknès est assuré par :

- Production HAJ KADDOUR (forages).
- Production SAIS (forages).
- Production RAS LMA.
- Sources BITIT et RIBAA.
- Barrage IDRIS 1 (projet à moyen terme) qui alimentera les 2 villes Fès et Meknès.

Chapitre III : l'eau potable.

III. l'eau potable :

III.1. Définition :

L'eau potable est une eau destinée à l'alimentation humaine y compris l'eau à boire et l'eau utilisée à la préparation des denrées alimentaires.

L'eau pour qu'elle soit **potable** doit passer par une **variété d'étapes** dans la station de traitement.

Avant la distribution d'eau traitée, il faut s'assurer de :

- ✓ sa qualité organoleptique,
- ✓ ses propriétés physico-chimiques,
- ✓ Absence de substances toxiques,
- ✓ Ses paramètres microbiologiques.

III.2. Composition chimique :

La composition chimique des eaux dépend :

- en premier lieu, **de la nature des terrains** qu'elles traversent,
- en deuxième lieu, **des rejets des activités** industrielles et domestiques.

Selon les ions dissous que contient l'eau on distingue :

Composition minérale :	Composition organique :
➤ Les ions calciums ➤ Magnésium ➤ Sodium ➤ Potassium ➤ Les carbonates ➤ Les bicarbonates ➤ Les chlorures ➤ Les nitrates ➤ Les sulfates ➤ Les oligo-éléments : ➤ l'arsenic, ➤ le cuivre, ➤ le cadmium, ➤ le manganèse, ➤ le fer, ➤ le zinc, ➤ le cobalt, ➤ le plomb....	➤ Les pesticides. ➤ Les déchets issus de la décomposition des végétaux. ➤ Matières issus de la décomposition des animaux. ➤ Les déchets humains.

C'est pour cela que **le laboratoire d'analyse** fait plusieurs **tests** pour vérifier que l'eau a une composition minérale et une composition organique répondant aux normes pour qu'elle soit potable.

Chapitre IV : analyse organoleptique et physico-chimique :

IV. Analyse organoleptique et physico-chimique :

IV. 1. Turbidité :

❖ Définition :

La **turbidité** d'une eau est reliée à la teneur d'une eau en matières en suspension et des particules colloïdales. La turbidité peut être causée par :

- des **particules organiques** comme des matières animales ou végétales décomposées ou des organismes vivants.
- des **particules inorganiques** (limon, argile et composés chimiques naturels tels que le carbonate de calcium).

Les particules **organiques** et **inorganiques** dans l'eau peuvent donner à l'eau une apparence trouble, ainsi qu'une odeur et un goût déplaisants.

La turbidité est le premier paramètre qu'on mesure sur terrain ; comme on peut la mesurer dans le laboratoire à l'aide d'un turbidimètre optique.

La turbidité de l'eau potable **ne doit pas dépasser 5 NTU** (Néphélométric Turbidity Unit).

❖ Turbidimètre optique :

Il comprend principalement :

- Une **lampe** avec un filament de tungstène : source de radiation.
- Un **détecteur** de longueur d'onde.

Il mesure la diminution, due à l'absorbance, de l'intensité d'un rayon lumineux de longueur d'onde connue traversant la suspension.



Figure IV.1 : turbidimètre optique

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
• Turbidimètre. • Becher	• L'échantillon d'eau à analyser.

❖ Mode opératoire :

- On prélève 50 ml d'échantillon à analyser après avoir rendu homogène l'eau.
- On introduit la cuve dans le turbidimètre on l'essuyant par le papier joseph.
- On note la valeur affichée sur le turbidimètre.

IV. 2. Conductivité :

❖ Définition :

La **conductivité** est un paramètre physico-chimique visant à mesurer les propriétés conductrices d'une solution.

La **conductivité d'une eau** dépend principalement de la présence des ions en solution, capables de transporter le courant électrique ; on en distingue deux catégories :

- Les **ions positifs** appelés : des cations comme le potassium, le sodium, le calcium...
- Les **ions négatifs** appelés : des anions comme les chlorures, les sulfates...

Ce paramètre renseigne l'analyste sur la **salinité de l'eau** ou autrement dit la présence des sels minéraux provenant essentiellement de l'érosion des roches de la lithosphère (concernant les eaux de ruissellement et les eaux souterraines).

Donc : plus l'eau est riche en sels minéraux $\Rightarrow$ Plus l'eau est salée.

Pour l'eau potable la valeur mesurée de la conductivité ne doit pas dépasser $2700 \mu\text{S}/\text{cm}^2$.

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
❖ Conductimètre. ❖ Becher	❖ L'échantillon d'eau à analyser.



Figure IV.2 : conductimètre

❖ Mode opératoire :

Pour mesurer la conductivité de l'eau, on procède comme suivant :

- ❖ Rincer plusieurs fois la cellule à l'aide d'une eau distillée.
- ❖ Verser environ 60 ml de l'échantillon dans un bêcher.
- ❖ Immerger la cellule et la sonde dans l'échantillon après avoir bien homogénéiser l'eau à analyser.
- ❖ Noter la valeur affichée sur le conductimètre.

IV.3. Le potentiel hydrogène pH :

❖ Définition :

Le potentiel hydrogène est un paramètre essentiel jouant le rôle d'indicateur de l'acidité ou l'alcalinité d'une eau, il est déterminé à partir de la quantité d'hydrogène libre contenu dans l'eau.

$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

Le carbonate de calcium et le carbonate de sodium sont les deux composants les plus répandus pour augmenter le niveau de pH dans l'eau potable.

La mesure s'effectue par deux méthodes :

- Soit par **colorimétrie** à l'aide **d'un indicateur coloré** valable pour la mesure du pH sur terrain en faisant une comparaison avec une échelle de teintes préparées à partir de solution de pH connu. L'appareil utilisé dans ce cas est un comparateur à disque.
- Soit par **potentiomètre** à l'aide **d'électrode de verre** ; cette méthode peut être employée sur terrain ainsi qu'au laboratoire.

La valeur du pH d'eau potable doit être comprise entre : **$6,8 < \text{pH} < 7,8$** .

❖ Méthode potentiométrique avec électrode de verre :

Elle est utilisée pour des mesures précises.

Selon la loi de Nernst, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ présents par la relation :

$$E = E^\circ + 2,3026 \frac{R.T}{F} \log a [\text{H}^+]$$

Avec, **E** : force électromotrice mesurée en volts.

E° : potentiel standard en volts.

T : température absolue en degrés K.

F : constante de faraday (96 500 coulombs/mol).

R : constante des gaz parfaits.

$a [H^+]$: activité des ions H^+ .

$$\frac{(E - E^\circ) \cdot F}{2,3026 \cdot R \cdot T} = \log a [H^+].$$

Ceci confirme que la détermination du pH revient à la mesure exacte d'une différence de potentiel.

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
▪ PH-mètre. ▪ Becher.	▪ L'échantillon d'eau à analyser.

❖ Mode opératoire :

- Rincer l'électrode.
- Verser 60 ml dans le bêcher de l'échantillon d'eau à analyser.
- Noter la valeur affichée sur l'appareil.

IV.4. La dureté de l'eau ou hydrotimétrie :

❖ Définition :

La **dureté** ou **titre hydrotimétrique** d'une eau correspond à la somme des concentrations en **cations métalliques** à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène.

Dans la plupart des cas, la **dureté** est surtout due aux ions **calciums** Ca^{2+} et **magnésium** Mg^{2+} auxquels s'ajoutent quelques fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium ; la présence de ces métaux en solution dans l'eau est liée principalement à la nature des terrains traversés par l'eau.

IV.4.1 Analyse TH :

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
➤ Burette. ➤ Erlenmeyer.	➤ 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser. ➤ 5ml de la solution tampon TH. ➤ L'indicateur noir d'ériochrome T. ➤ Solution complexon d'EDTA 0.02 mol/l (titrant).

❖ Principe :

Puisque l'EDTA est un ligand alors il complexe les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} ce qui en résulte un Virage de la coloration de la solution du **rouge** au **bleu**.

❖ Expression des résultats :

$$TH \text{ est } = 1000 \cdot C \cdot \frac{V_1}{V_2} . \text{ En mmoles par litre.}$$

- TH : le titre hydrotimétrique.
- C : concentration en mol/l de la solution de complexon= 0.02mol/l.
- V1 : Volume en ml de la solution complexon utilisée pour le titrage.
- V2 : volume en ml d'échantillon dosé=100ml.

$$TH = 20 \cdot (V_1/100) \text{ en mmol/l.}$$

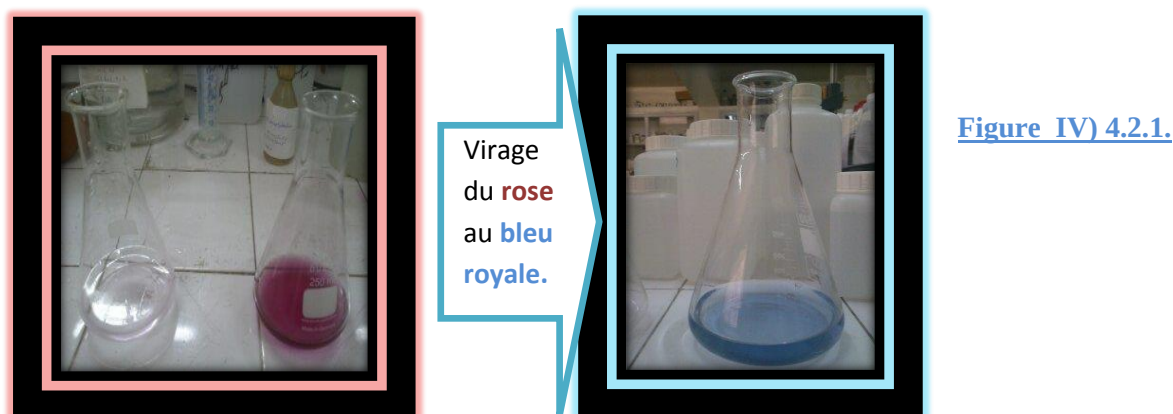
IV.4.2 Analyse Ca^{2+} :

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
➤ Burette. ➤ Erlenmeyer.	➤ 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser. ➤ 5ml de la soude. ➤ Indicateur HSN. ➤ la solution complexon EDTA 0.02mol/l.

❖ Mode opératoire :

- Mettre 100 ml de l'échantillon d'eau dans un erlenmeyer.
- Ajouter 5ml de la soude.
- Ajouter l'indicateur HSN.
- Titrer à l'aide de la solution d'EDTA 0.02 mol/l, jusqu'au virage de la coloration rose au bleu royale. (voir la figure IV) 4.2.1).



❖ Expression des résultats :

La teneur en calcium **T** :

$$T = 8 \cdot T_b \text{ mg/l.}$$

Avec **T_b** : le volume d'EDTA versé en ml.

IV. 5. La détermination de l'alcalinité :

❖ Définition :

Le titre alcalimétrique ou T.A correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et à la transformation des ions carbonates en hydrogénocarbonates par un acide fort.

Le titre alcalimétrique complet ou T.A.C correspond à la neutralisation totale des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates par un acide fort.

IV.5.1 Test T.A :

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
• Erlenmeyer. • Burette.	• 100 ml d'échantillon d'eau. • Phénolphtaléine. • Titrage par l'acide chlorhydrique 0.1 mol/l.

❖ Mode opératoire :

- Verser 10 ml d'échantillon d'eau dans l'erenmeyer.
- Ajouter 2 gouttes de phénolphtaléine, après on distinguera 2 cas :
- ✓ Si la solution ne change pas de coloration, on déduit que T.A =0, comme indiqué dans la figure IV) 5.1 :



Figure IV. 5.1.

- ✓ Si la solution prend la coloration rose on fait titrage à l'aide de l'acide chlorhydrique.

IV.5.2 Test T.A.C :

- Dans le cas ou la solution reste incolore, il faut garder la même solution précédente, y ajouter 2 gouttes de l'hélianthine.
- Titrer à l'aide de l'acide chlorhydrique.
- La coloration passe du jaune au jaune orangé.



Virage du
jaune eu jaune
orangé.



Figure IV. 5.2.

❖ Expression des résultats :

Le tableau suivant présente les formules permettant de calculer les concentrations des bases (OH^- , CO_3^{--} et HCO_3^-) dans l'eau analysée, elles dépendent du volume V' et V'' versé de l'acide chlorhydrique tel que $V' = \text{TA}$ et $V'' = \text{TAC}$.

Ion	OH^- mg/l	CO_3^{--} mg/l	HCO_3^- mg/l
$\text{TA} = 0$	0	0	$12.2 * \text{TAC}$
$\text{TA} < \text{TAC}/2$	0	$12 * \text{TA}$	$12.2 (\text{TAC} - 2 * \text{TA})$
$\text{TA} = \text{TAC}/2$	0	$6 * \text{TAC}$	0
$\text{TA} > \text{TAC}/2$	$3.4 * (2 * \text{TA} - \text{TAC})$	$12 * (\text{TAC} - \text{TA})$	0
$\text{TA} = \text{TAC}$	$3.4 * \text{TAC}$	0	0

Tableau IV. 5.2- les concentrations des baes OH^- , CO_3^{--} et HCO_3^- dans l'eau.

IV. 6. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium:

❖ Définition :

Elle correspond à la **quantité d'oxygène** cédée par l'ion permanganate et consommée par **les matières oxydables**.

Cet indice permet l'estimation de **la pollution organique totale de l'eau** et l'appréciation de l'efficacité des traitements.

Ces **polluants** peuvent être d'**origine chimique** (issue des rejets agricoles et industriels) ou bien d'**origine bactériologique**.

L'oxydabilité est exprimée en **milligramme d'oxygène par litre**.

Selon les normes marocaines, l'oxydabilité d'une eau potable doit être::: **i<5mg/l**.

❖ Principe :

En premier lieu, **oxydation**, par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition pendant 10 min, *des matières oxydables* contenues dans l'échantillon.

En deuxième lieu, **réduction** du *permanganate de potassium* par de l'oxalate de sodium et titrage en retour de l'excès de l'oxalate de sodium par le permanganate de potassium.

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
• Ballon. • Bain marie (chauffage à reflux). • Burette. • Becher. • Pipettes de 2ml. • Pipettes de 10ml.	• 100 ml d'échantillon d'eau à analyser. • 2ml d'acide sulfurique concentré. • 10ml de permanganate de potassium 1/100. • 10ml de l'oxalate de sodium 1/100. • Titrage à l'aide d'une Solution de kmno_4 permanganate de potassium .

❖ Mode opératoire :

- Verser dans le ballon 100 ml d'échantillon d'eau.
- Ajouter 2 ml d'acide sulfurique concentré.
- Laisser le ballon au bain marie pendant 10min.
- Après 10 min, ajouter 10ml de kMnO_4 1/100, la solution devient rose.
- Laisser le ballon au bain marie pendant 10 min.
- Ensuite, ajouter 10 ml d'acide oxalique (oxalate de sodium) 1/100 la solution devient transparente.
- Pour finir, titrer à chaud à l'aide d'une solution de kMnO_4 1/100 jusqu'à obtention d'une coloration rose claire.

❖ Expression des résultats

L'indice de permanganate de potassium **i** est exprimé en milligramme d'oxygène par litre est donné par l'expression suivante :

$$i = 0,8 \cdot T_b \text{ mg/l}$$

Avec **T_b** : le volume de KMnO_4 versé en ml.

IV. 7. Détermination des chlorures :

❖ Définition :

L'eau contient toujours **des chlorures**, mais en *proportion très variable*. En effet, les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage, d'ailleurs, la teneur en chlorure augmente avec le degré de minéralisation d'une eau (aussi de la conductivité).

Les chlorures participent à l'augmentation de la **conductivité électrique**.

La **norme marocaine** impose que la concentration maximale en chlorure dans l'eau potable ne doit pas dépasser **750 mg/l**.

❖ Principe :

Les ions mercuriques régissent avec les ions chlorures :



Le chlorure mercurique n'est pas un sel, c'est **un complexe** car l'atome de mercure est lié à deux des ligands chlorures c'est pour cela la solution prend une coloration violette.

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
• Erlenmeyer. • Burette. • Becher. • Pipette.	• 100ml d'échantillon d'eau à analyser. • 0.5ml de l'indicateur pH. • Acide nitrique N/3 jusqu'à coloration jaune foncée. • Titrage au nitrate mercurique N/10 jusqu'à coloration violette.

❖ Mode opératoire :

- Verser 100 ml de l'échantillon d'eau dans un erlenmeyer.
- A l'aide d'une pipette ajouter 0,5 ml de l'indicateur ph.
- Ajouter l'acide nitrique N/3 jusqu'à l'obtention d'une coloration jaune foncée.
- Titrer à l'aide du nitrate mercurique N/10 jusqu'à l'obtention de la coloration violette.



Après ajout
d'acide
nitrique.



Après titrage par
nitrate
mercurique.



Figures IV. 7.

❖ Expression des résultats :

Sachant que : $C1.V1=C2.Tb$

C1 : concentration en chlorure.

V1 : volume de l'échantillon d'eau =100ml.

C2 : concentration du nitrate mercurique=0.1mol/l.

Tb : volume versé du nitrate mercurique.

$$[Cl^-]=35.5 \cdot Tb \text{ mg/l.}$$

IV. 8. Dosage des sulfates par turbidimètre :

❖ Définition :

Certains sols et certaines pierres contiennent des minéraux de sulfate. Comme l'eau souterraine se déplace à travers ceux-ci, certains sulfates sont dissous dans l'eau.

Le sulfate, élément chimique composé de soufre et d'oxygène, est présent dans presque toutes les eaux naturelles.

Selon **les normes marocaines** la valeur maximale admissible des sulfates dans l'eau potable est de **400mg/l**.

❖ Principe :

La précipitation du **sulfate du baryum** en milieu acide :



Ce précipité fait augmenter **la turbidité** de l'échantillon d'eau analysé.

❖ Matériels et réactifs :

Matériels	Réactifs
• Turbidimètre. • Erlenmeyer de 250ml. • Fioles de 100ml. • Pipette. • Agitateur.	• 100ml de l'échantillon d'eau à analyser. • 5ml de l'acide chlorhydrique. • Spatule de chlorure de baryum. • Solution mère de sulfate de sodium 0.1g/l. • Solution étalon de sulfate de sodium de 100mg/l. • Eau distillée.

❖ Mode opératoire :

- A l'aide de la solution mère de Na_2SO_4 , on prépare des étalons de concentrations suivantes : 0, 0.2, 0.5, 1 mg/l. ces étalons sont utiles pour tracer la courbe d'étalonnage (voir le chapitre VI).
- Préparer le MR (matériel de référence) ainsi que l'ajout dosé en utilisant la solution étalon de sulfate de sodium de 100 mg/l.
- Verser 10ml de l'échantillon d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ensuite, ajouter 5ml de l'acide chlorhydrique.
- Puis, ajouter une spatule de chlorure de baryum.
- Mettre l'erlenmeyer sur l'agitateur et maintenir l'agitation pendant 5 min.
- Remplir la cellule du turbidimètre.
- Noter la valeur de la turbidité affichée.

IV. 9. Dosage des nitrates par spectrométrie d'absorption moléculaire :

❖ Définition :

La présence **des nitrates** dans les eaux est due :

- A leur présence naturelle dans l'environnement.
- A la contamination des ressources en eau par les activités humaines.

Dans l'organisme humain les nitrates se transforment en **nitrites**. Ces derniers peuvent présenter *un risque sur la santé*.

❖ Principe :

La **réduction** des nitrates en **nitrites** par le **cadmium** Cd recouvert d'une couche de cuivre après traitement au **sulfate de cuivre** CuSO_4 , est comme suite :



Ensuite, les nitrites forment avec l'acide sulfanilique un composé diazoïque. Ce dernier s'associe avec le NED (n-1 naphthyle diamine 1,2 éthane) en donnant une coloration rose dont l'intensité est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=540\text{nm}$.

❖ Mode opératoire :

- A l'aide d'une solution mère de NO_3^- on Prépare les solutions étalons de concentration en NO_3^- : 0,00 -0,20-0.40-0.80-1.00-2.00 mg/l.
- A l'aide d'une solution étalon de NO_3^- on prépare le MR (matériel de référence).
- Ces étalons sont utiles pour tracer la courbe d'étalonnage (voir le chapitre VI).
- Voir la figure IV. 9.1.



Figure IV.9.1

- Verser 50 ml de l'échantillon d'eau dans un erlenmeyer.
- Ajouter 1.25 ml de la solution tampon.
- Faire passer cette solution dans la colonne de réduction.
- Laisser couler les premiers 25 ml et garder les derniers 25ml.
- Ensuite ajouter 1ml de l'acide sulfanilique sur les 25ml gardés.
- Pour finir ajouter 1ml de la solution NED.

Chapitre V : les analyses bactériologiques :

V. les analyses bactériologiques :

V.1. Les besoins en eau et en ions minéraux pour la croissance des bactéries :

L'eau est indispensable à toute **vie cellulaire**. En effet C'est le solvant biologique universel au sein duquel les innombrables réactions biochimiques du métabolisme cellulaire peuvent se dérouler. Et comme **Les bactéries** contiennent plus de **70% d'eau** et que **95%** du poids sec de leurs cellules est composé **des ions minéraux**, alors l'eau est un milieu qui favorise leur multiplication.

V.2. Importance du Contrôle bactériologique de l'eau potable :

Une **eau potable de qualité** nécessite d'être analysée régulièrement d'un point de vue bactériologique.

Ce type d'analyse permet avant tout de **mettre en évidence** les points faibles des circuits d'alimentation en eau potable et de surveiller la stabilité de ces derniers.

La contamination des eaux par le biais de matières fécales indiquent entre autre le développement d'agents pathogènes qui sont, quant à eux, à l'origine de la présence et de la propagation de maladies infectieuses dans l'eau potable.

Dans le cadre des analyses bactériologiques de l'eau potable, on recherche à évaluer la présence de **germes indicateurs**, dont la densité est plus élevée au sein des matières fécales humaines et animales. La présence de ces germes dans l'eau potable permet de voir s'il y a ou non une contamination par le biais de matières fécales.

Les ***Escherichia coli* (E. coli)** et **les entérocoques** sont à compter au nombre de ces germes Indicateurs.

Lorsque *de telles bactéries sont détectées* dans l'eau potable, il est de bon ton de s'en préoccuper et de prendre des mesures rapidement. Ceci est également valable lorsque ces bactéries ne sont pas jugée pathogènes.

V.3. Prélèvement d'échantillon :

L'**examen bactériologique** ne peut être valablement interprété que s'il est effectué :

- Sur un échantillon correctement prélevé.
- Dans un récipient stérilisé.

- Selon un mode opératoire précis en évitant toute contamination accidentelle et correctement transportée au laboratoire d'analyses.

Avant de faire le prélèvement, il est primordial de disposer d'une caisse isotherme.

Le prélèvement est toujours accompagné d'une **fiche de renseignement** qui indique :

- Lieu de prélèvement,
- Le point spécifique du prélèvement,
- Nature de l'eau,
- Date et heure du prélèvement,
- Nom du préleveur,
- Tous les résultats des paramètres mesurés sur place.

❖ **EAU BRUTE :**

Le prélèvement d'eau brute se fait sur terrain à partir ;

- ✓ d'un forage,
- ✓ d'un puits,
- ✓ ou d'une source.

❖ **EAU TRAITEE :**

Pour faire un prélèvement d'eau traitée :

- on laisse le robinet couler quelques minutes.
- On ferme le robinet puis on le flambe à l'aide du chalumeau.
- On ouvre le robinet et on prélève l'échantillon d'eau toujours près du flambage dans un flacon en verre contenant le thiosulfate de sodium.

V.4. Milieux de culture :

Les milieux de culture doivent être toujours préparés d'avance ensuite stérilisés à l'aide d'un autoclave et finalement conservés à froid.

N.B : Une bonne stérilisation des milieux se traduit par le changement de couleur des indicateurs suivant :

- Un ruban indicateur de stérilité.
- Bio-indicateur stérikon.

Il ya plusieurs types de milieux de culture car chaque type de bactérie nécessite un milieu convenable qui leur est spéciale pour leur multiplication.

En effet, on effectue nos analyses selon la nature de l'eau qu'on souhaite analyser qu'elle soit **brute** ou **traitée**.

Tous les milieux de culture liquide et solide sont très **riches en eau**. On dit que le milieu de culture est solide s'il contient l'**agar** qui est le gélifiant de la majorité des milieux solides peut capter plus de 300 fois son poids en eau.

V.5. Test bactériologique d'eau traitée : méthode par membrane filtrante :

Dans l'**eau traitée** on doit s'assurer de l'absence des bactéries suivantes :

- ✓ coliformes totaux,
- ✓ Escherichia coli,
- ✓ Clostridium,
- ✓ Entérocoques.
- ✓ Germes totaux.

Matériel utilisés :

Flacons d'échantillon d'eau.
Boîtes de pétrie contenant les milieux de cultures.
Voir figure V. 5.1.



Figure V. 5.1.

Stérifils.
Système de filtration.
Membranes filtrantes.
Chalumeau.
Voir figure V.5.2.



Figure V.5.2.

Pour mieux comprendre la méthode de travail : voir le schéma explicatif dans la page suivante.

Le **tableau V.5.2** montre les différents types de micro-organismes qu'on cherche dans l'eau potable (les coliformes totaux, les *Escherichia coli*, les entérocoques, les clostridiums et les germes totaux) leurs *milieux de culture* ainsi que *les températures optimales* et *le temps nécessaire* pour leur développement.

Type de bactérie	Coliformes totaux	Escherichia coli	entérocoques	clostridium	Germes totaux
Température optimale	37	44	37	37	37/22
Temps en heures	48	48	48	48	48/72
Milieu de culture	Tergitol-7-agar	Tergitol-7-agar	Slanetz	gélose	Extrait de levure

Tableau V. 5.2-les micro-organismes pathogènes à chercher dans l'eau.

Pour dire que l'eau est consommable d'un point de vue bactériologique il faut avoir **0 colonie** des bactéries citées au dessus ; de ce fait déduit que **le test est négatif**.

Chapitre VI : résultats et discussions :

VI. Résultats et discussions :

Au laboratoire du contrôle de qualité de l'ONEE, on utilise toutes les méthodes d'analyse présentées dans les deux chapitres précédents (chapitre IV et V) sur des échantillons d'eau potable prélevés par les techniciens de l'ONEE.

Dans ce chapitre, je vais présenter les résultats des analyses obtenus de deux échantillons d'eau potable de deux provenances différentes.

➤ La turbidité, la conductivité et le potentiel d'hydrogène :

Dans le tableau VI.1, on trouve les résultats obtenus pour la turbidité, la conductivité et le potentiel d'hydrogène pour les deux échantillons d'eau potable.

Paramètre	unité de mesure	Echantillons d'eau potable à analyser		Normes marocaines
		Echantillon 1	Echantillon 2	
La turbidité	NTU	0.51	1	5
conductivité	$\mu\text{s}/\text{cm}^2$	500	728	2700
Le pH		7.64	7.80	$6,8 < \text{pH} \leq 7,8$

Tableau. VI.1 mesure de la turbidité, la conductivité, le ph des deux échantillons d'eau potable.

L'analyse des résultats obtenus montre que les valeurs mentionnées dans le tableau VI.1 répondent aux normes marocaines.

Pour la turbidité, la norme doit être < 5 NTU. D'après nos analyses on trouve 0,51 NTU pour l'échantillon 1 et 1 NTU pour l'échantillon 2.

Pour la conductivité, nous avons trouvé $500 \mu\text{s}/\text{cm}^2$ pour l'échantillon 1 et $728 \mu\text{s}/\text{cm}^2$ pour l'échantillon 2. Ces deux valeurs sont nettement inférieures à la norme marocaine $2700 \mu\text{s}/\text{cm}^2$.

Pour le pH, on trouve que les valeurs obtenues pour les deux échantillons appartiennent à l'intervalle norme : $[6,8-7,8]$.

➤ La dureté totale ou Le titre hydrotimétrique et la teneur en calcium :

Le tableau VI.2, présente les résultats obtenus du titre hydrotimétrique et de la concentration en calcium pour les deux échantillons d'eau potable.

Paramètre	Unité de mesure	Echantillons d'eau potable à analyser		norme canadienne
		Echantillon 1	Echantillon 2	
TH : Titre hydrotimétrique	mmole/l	2.34	2.40	
Concentration en Ca^{2+}	mg/l	120.80	128.00	eau modérément dure 120 à $< 180 \text{ mg/L}$

Tableau. VI.2. mesure du TH et de la concentration des ions calcium pour les deux échantillons d'eau potable.

Le titre hydrotimétrique TH ou autrement dit **la dureté d'une eau** a pour but la détermination de la concentration des ions magnésium et calcium dans les échantillons d'eau.

En effet, la concentration en ions calcium qui est de 120.80 mg/l pour l'échantillon 1 et de 128.00 mg/l pour l'échantillon 2 indique que l'eau analysée est modérément dure (elle est ni douce ni très dure) car ces concentrations appartiennent à **l'intervalle norme** [120-180] mg/l.

➤ **Le titre alcalimétrique : TA et TAC :**

Le tableau VI.3, présente les résultats obtenus du titre alcalimétrique (TA) et du titre alcalimétrique complet (TAC) pour les deux échantillons d'eau potable

Paramètre		unité de mesure	Echantillons d'eau potable à analyser	
			Echantillon 1	Echantillon 2
TA =0	OH-	mg/l	0	0
	CO3--	mg/l	0	0
TA<TAC/2	OH-	mg/l	0	0
	CO3--	mg/l	0	0
	HCO3-	mg/l	32,69	36,84

Tableau. VI.3, mesure du TA et du TAC pour les deux échantillons d'eau potable.

L'analyse d'alcalimétrie des deux échantillons d'eau potable, nous montre que la concentration des ions hydroxydes et des ions carbonates est nulle. Or les ions hydrogénocarbonates sont présents dans les deux échantillons mais avec deux concentrations différentes. La $[HCO_3^-] = 36,84$ mg/l de l'échantillon 2 est plus élevée que celle de l'échantillon 1 ; alors **l'échantillon 2** est **plus basique** que l'échantillon 1 ; ceci confirme les résultats obtenus du ph dans le tableau VI.1.

➤ **L'oxydabilité (i) et le dosage des chlorures :**

Le tableau VI.4, montre les résultats obtenus de l'oxydabilité et de la concentration en ions chlorure des deux échantillons d'eau potable.

paramètre	Unité de mesure	Echantillons d'eau potable à analyser		Normes marocaines
		Echantillon 1	Echantillon 2	
L'oxydabilité	O ₂ en mg/l	0.36	0,40	<5
Chlorures	mg/l	42,60	53,25	<750

Tableau. VI.4. mesures de l'oxydabilité et de la concentration des ions chlorure pour les deux échantillons d'eau potable.

Pour l'oxydabilité, nous constatons que la quantité d'oxygène cédée par l'ion permanganate pour les deux échantillons est nettement inférieure à la norme marocaine : 5mg/l. C'est l'échantillon 2 qui contient plus de matières oxydables puisqu'il a une quantité d'oxygène (=0,40 mg/l) plus élevée que celle de l'échantillon 1(=0.36mg/l).

Pour la concentration en ions chlorure, nous avons obtenu 42.60 ml/l pour l'échantillon 1 et 53.25 mg/l pour l'échantillon 2. Donc les deux échantillons d'eau présentent des valeurs inférieures largement à la norme marocaine : **750 mg/l**.

➤ Dosage des sulfates par turbidimétrie :

Le tableau VI.5, montre les concentrations en ions sulfates des solutions étalons utilisées pour tracer la courbe d'étalonnage présentée dans la figure VI.6. Et permettant la détermination de la concentration des ions sulfates en mg/l dans les deux échantillons d'eau potable.

Les étalons	[SO ₄ 2-] en mg/l	Turbidité en NTU	Norme marocaine
	0,00.	20.12	<400
	0,20.	89	
	0,50.	180	
	1,00.	300	
Echantillon 1	0,04.	34,9	
Echantillon 2	0,07.	42.3	

Tableau. VI.5. mesures de la concentration en ions sulfates pour les deux échantillons d'eau potable.

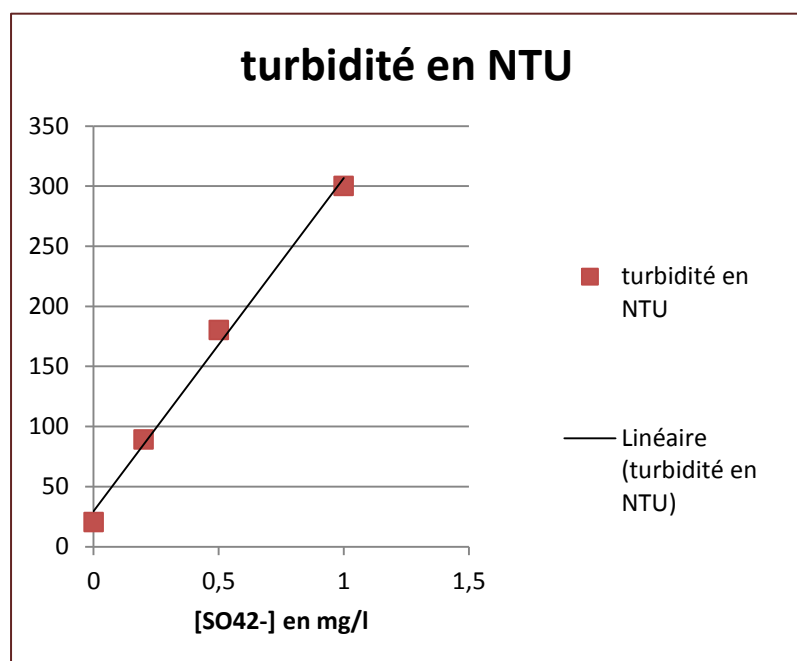


Figure. VI.6. courbe d'étalonnage présentant la turbidité en fonction de la concentration en ions sulfates, avec un coefficient de corrélation $r=0,99 \approx 1$ (la courbe tend à la linéarité).

L'analyse des résultats obtenus montre que les concentrations en ions sulfate mentionnées dans le tableau VI.5 pour les deux échantillons sont largement inférieure à la norme marocaines : 400 mg/l.

➤ Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV-visible :

Le tableau VI.7, présente les concentrations en ions nitrates dans les solutions étalons utilisées pour tracer la courbe d'étalonnage indiquée dans la figure VI.8. Et permettant la détermination de la concentration des ions nitrates en mg/l dans les deux échantillons d'eau potable.

Les étalons	[NO ₃ -] en mg/l	Absorption	Norme marocaine <50 mg/l
	0,00.	0.03	
	0,20.	0.16	
	0,40.	0.35	
	0,80.	0.65	
	1,00.	0.95	
	2,00.	1.38	
Echantillon 1	0.08.	0.09	
Echantillon 2	0.12.	0.12	

Tableau. VI.7. mesures de la concentration en ions sulfates pour les deux échantillons d'eau potable.

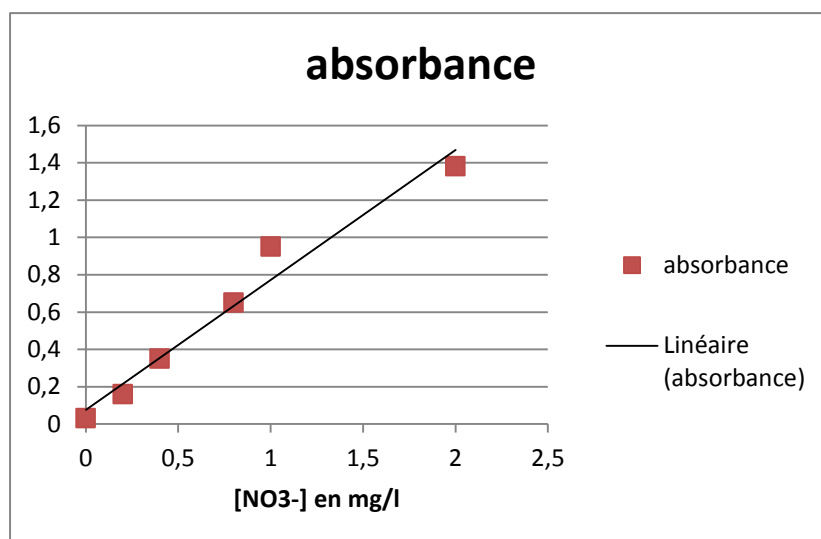


Figure. VI.8. courbe d'étalonnage présentant l'absorbance en fonction de la concentration en ions nitrates avec $r = 0,98 \approx 1$. (la courbe tend à la linéarité)

Les résultats obtenus de la concentration en ions nitrates dans les deux échantillons d'eau potable sont considérablement inférieure à la norme marocaine : 50 mg/l.

Donc les deux échantillons d'eau potable ne présentent aucun danger pour le consommateur.

➤ Résultats d'analyse bactériologique :

Pour les analyses bactériologiques d'eau potable concernant la recherche des coliformes totaux, Escherichia coli, des entérocoques, des clostridium et des germes totaux ; Nous avons utilisé le mode opératoire indiqué dans le chapitre V. le tableau VI.1.9 indiqué ci-après présente les résultats obtenus du test bactériologique sur les deux échantillons d'eau potable:

	Coliformes totaux	Escherichia coli	entérocoque	clostridium	Germes totaux
Echantillon 1	Test négatif	Test négatif	Test négatif	Test négatif	Test négatif
Echantillon 2	Test négatif	Test négatif	Test négatif	Test négatif	Test négatif

Tableau. VI.9. mesures de la concentration en ions sulfates pour les deux échantillons d'eau potable.

L'analyse de ce tableau montre que pour tous les micro-organismes **le test est négatif**, ce qui indique que les deux échantillons d'eau peuvent être **consommés sans aucun risque sanitaire** d'un point de vue bactériologique.

Chapitre VII : les cartes de contrôle.

VII. les cartes de contrôle :

VII.1. Définition :

Une carte de contrôle :

- Est une **méthode graphique** qui permet de visualiser les variations d'un procédé dans le temps et de juger si statistiquement il y a un dérèglement.
- est un **outil** permettant d'identifier les problèmes analytiques afin de parvenir à la maîtrise statistique des procédés.
- Est un **outil de base** visant d'appuyer les activités d'amélioration de la qualité des produits et des procédés.

VII.2. Utilité des cartes de contrôle dans un laboratoire de contrôle de qualité :

Dans un laboratoire de contrôle de qualité il est nécessaire de faire **une évaluation continue des méthodes analytiques**. Ou autrement dit une surveillance régulière de **tout système utilisé** pour les analyses y compris **les instruments de mesure**.

Exemple de cartes de contrôle :

- ✓ Carte du *spectrophotomètre d'absorption moléculaire*.
- ✓ Carte de *balance*.
- ✓ Carte du *réfrigérateur*.

VII.3. Construction d'une carte de contrôle :

Pour construire une carte de contrôle, il est important de :

- ✓ Rassembler un **nombre de mesures** pendant **une période** donnée.
- ✓ Représenter :
 - **Le temps** sur l'axe des **abscisses X**.
 - **Les mesures** sur l'axe des **ordonnées Y**.
- ✓ Calculer :

- L'écart type $\sigma = \sqrt{\sum_1^n \frac{(V_m - V_a)^2}{n}}$, avec :

V_m : la valeur mesurée.

V_a : la valeur attendue.

n : nombre de population (dans le cas que nous allons étudier $n = 27 > 20$ c'est pour cela on parle d'une population et par conséquent on utilise σ au lieu de s l'écart type d'échantillon).

- Limite d'avertissement : $LA = Va \pm 2\sigma$.
- Limite d'action : $Lac = Va \pm 3\sigma$.

Dans ce laboratoire d'analyse, le dosage des nitrates dans l'eau se fait par un spectrophotomètre UV-Visible. En effet le fonctionnement de ce dernier est primordial pour pouvoir réaliser l'analyse à n'importe quel moment sur un échantillon d'eau.

Un bon fonctionnement veut dire que l'appareil doit nous afficher des valeurs exactes d'absorbance et par conséquent des concentrations correctes ; pour vérifier ceci on procède comme suite :

- Utiliser un **MR** : matériel de référence dont on connaît déjà la concentration en NO_3^- .
- Remplir la cuvette par le MR et noter la valeur affichée sur le spectrophotomètre.
- Il est nécessaire de répéter cette procédure pendant une durée bien déterminée en notant les valeurs qu'affiche le spectrophotomètre.
- Dans ce cas on a choisit un MR de concentration 1 mg/l.
- Donc la **valeur attendue** est $Va = 1\text{mg/l}$.
- Temps : 27 jours.

Le tableau **VII.3.1** présente :

- les mesures de la concentration en NO_3^- d'un MR que le spectrophotomètre UV-Visible a affiché pendant 27 jours.
- La limite d'avertissement supérieure : $LA \text{ sup} = Va + 2\sigma = 1 + 2 \cdot 0,06 = 1,12$.
- La limite d'avertissement inférieure : $LA \text{ inf} = Va - 2\sigma = 1 - 2 \cdot 0,06 = 0,88$.
- La limite d'action supérieure : $Lac \text{ sup} = Va + 3\sigma = 1 + 3 \cdot 0,06 = 1,18$.
- La limite d'action inférieure : $Lac \text{ inf} = Va - 3\sigma = 1 - 3 \cdot 0,06 = 0,82$.
- La valeur vraie des nitrates : $Va = 1\text{mg/l}$.

nombre de mesures	MR (mg/l)	LA sup (mg/l)	LA inf (mg/l)	Lac sup (mg/l)	Lac inf (mg/l)	Va (mg/l)
1	1,01	1,12	0,88	1,18	0,82	1
2	1,06	1,12	0,88	1,18	0,82	1
3	1,1	1,12	0,88	1,18	0,82	1
4	1,1	1,12	0,88	1,18	0,82	1
5	1,03	1,12	0,88	1,18	0,82	1
6	1,04	1,12	0,88	1,18	0,82	1
7	0,97	1,12	0,88	1,18	0,82	1
8	1,09	1,12	0,88	1,18	0,82	1
9	1,05	1,12	0,88	1,18	0,82	1
10	1,08	1,12	0,88	1,18	0,82	1
11	1,02	1,12	0,88	1,18	0,82	1
12	1,04	1,12	0,88	1,18	0,82	1
13	1	1,12	0,88	1,18	0,82	1
14	1,05	1,12	0,88	1,18	0,82	1
15	1,06	1,12	0,88	1,18	0,82	1
16	1,1	1,12	0,88	1,18	0,82	1
17	0,98	1,12	0,88	1,18	0,82	1
18	0,99	1,12	0,88	1,18	0,82	1
19	1,07	1,12	0,88	1,18	0,82	1
20	1,04	1,12	0,88	1,18	0,82	1
21	1,07	1,12	0,88	1,18	0,82	1
22	1,1	1,12	0,88	1,18	0,82	1
23	0,91	1,12	0,88	1,18	0,82	1
24	1,03	1,12	0,88	1,18	0,82	1
25	0,97	1,12	0,88	1,18	0,82	1
26	1	1,12	0,88	1,18	0,82	1
27	1,02	1,12	0,88	1,18	0,82	1

Figure VII.3.1 tableau des mesures.

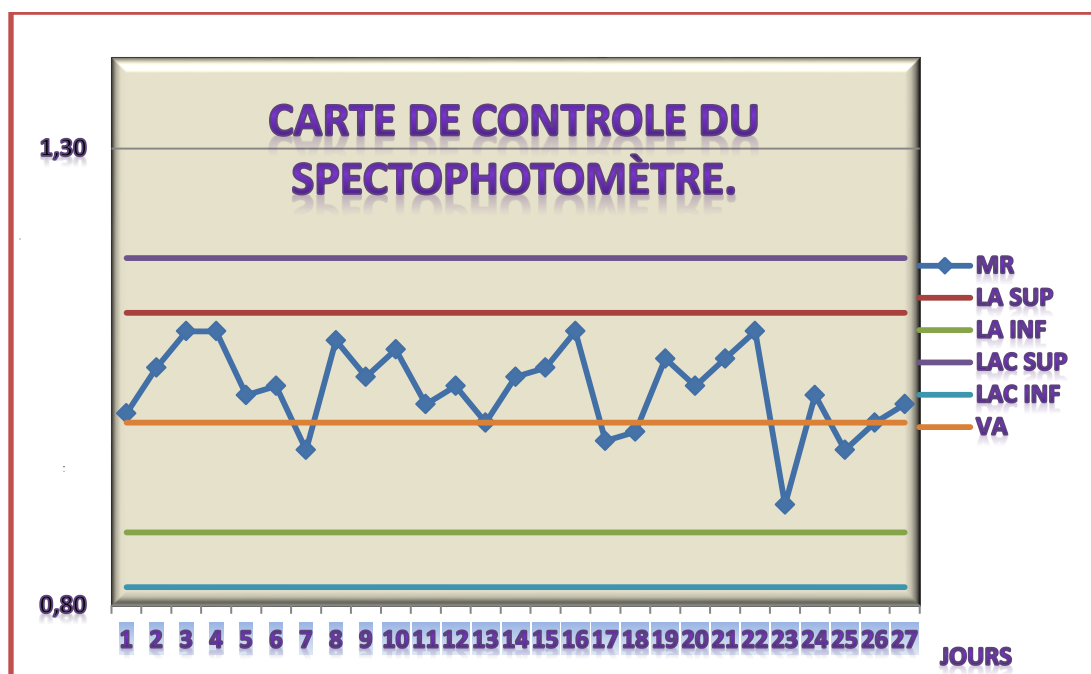


Figure VII.3.2 : Carte de contrôle du spectrophotomètre UV-visible.

D'après l'allure obtenue de la carte de contrôle indiquée au dessus, on constate que la majorité des points oscillent autour de la valeur attendue des nitrates (Va=1mg/l).

Puisque **aucune valeur** mesurée ne dépasse ni les limites d'avertissement ni les limites d'action ; donc l'étalonnage du spectrophotomètre est **sous contrôle statistique** ; ou autrement dit le spectrophotomètre UV-visible est **bien étalonné**.

conclusion

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du stage que j'ai effectué au sein de l'office national d'eau et d'électricité –branche eau. Durant cette période de stage, j'ai pu découvrir le monde du travail grâce au personnel de cet office.

En effet, j'ai pu suivre plusieurs analyses effectuées sur des échantillons d'eau apportés au laboratoire en mesurant tout un ensemble de paramètres (l'analyse organoleptique, physico-chimique et bactériologique) tels que : la turbidité, la conductivité, le potentiel d'hydrogène, la dureté totale y compris le test de calcium, le titre alcalimétrique TA, le titre alcalimétrique complet TAC, l'oxydabilité, le dosage des chlorures, le dosage des sulfates par turbidimètre, et le dosage des nitrates par spectrophotomètre d'absorption moléculaire ; ainsi qu'un test bactériologique effectué régulièrement sur les échantillons d'eau qu'on souhaite analyser.

Tous les résultats obtenus (concernant l'analyse organoleptique, physico-chimique et bactériologique) sur les échantillons d'eau qu'on a analysés répondent aux normes marocaines (délivrées par arrêté conjoint du Ministre de l'Équipement et du Transport du Ministre de la Santé, du Ministre de l'Aménagement du territoire, de l'Eau et de l'Environnement et du Ministre de l'Industrie, du Commerce et des Télécommunications.)

En outre, au cours des 27 jours, nous avons utilisé un étalon des nitrates afin de contrôler le bon fonctionnement du spectrophotomètre d'absorption moléculaire en établissant sa carte de contrôle. Grâce à cela, nous avons pu déduire que le spectrophotomètre utilisé pour le dosage des nitrates dans l'eau est bien étalonné.

Références bibliographiques

1. <http://www.onep.ma/>.
2. Livre : l'analyse l'eau édition 8, JEAN RODIER.
3. Cours de microbiologie, (FSTF).
4. Les normes mentionnées dans ce rapport :
http://www.water.gov.ma/userfiles/file/2_Eau%20potable.pdf
<http://hg-eau.voila.net/normes.pdf>

Schéma explicatif de l'analyse microbiologique de l'eau traitée :

Echantillon de l'eau traitée 500 ml.

