



Licence Sciences et Techniques (LST)
Techniques d'Analyse et Contrôle Qualité

TACQ

PROJET DE FIN D'ETUDES

Etude de la chloration sur le réseau d'eau potable de la ville de Meknès

Présenté par :

- **TAHIRI Badr**

Encadré par :

- **Mr. Abdeslam MELIANI (FST-FES)**
- **Mr. MIMICH Khalid (RADEM)**

Soutenu Le 18 Juin 2015 devant le jury composé de:

- **Mme. K. MOUGHAMIR** (professeur FST-FES)
- **Mr. Ahmed BOULAHNA** (professeur FST-FES)
- **Mr. Abdeslam MELIANI** (professeur FST-FES)



Stage effectué à RADEM

Année Universitaire 2014 / 2015

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

☒ B.P. 2202 – Route d'Imouzer – 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>

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A mes très chers et nobles parents pour leur amour, leur soutien témoignage de mes reconnaissances, pour leurs immenses sacrifices durant mes années d'étude.

J'adresse également un grand merci à toute ma famille et à toute personne qui, de près ou de loin, m'a porté un soutien quelconque dans le cadre de mes études et plus particulièrement à mes amis

REMERCIEMENTS

Au cours de ce stage, le personnel dans son ensemble m'a permis de m'intégrer facilement dans l'entreprise. J'ai eu l'occasion de rencontrer beaucoup de personnes et de travailler avec un certain nombre de collaborateurs.

Je tiens tout d'abord à exprimer mes chaleureux remerciements à **Mr. BENFEDDOUL Jamal**, Directeur Général de la Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Meknès, qui m'a permis d'effectuer ce stage au sien du laboratoire d'analyse et contrôle de la qualité.

Il me paraît important de remercier **Mr. MIMICH Khalid**, chef de service contrôle de la qualité, pour son encadrement sa disponibilité et ses orientations.

Ainsi à tout le personnel de la régie qui n'ont épargné aucun effort pour m'aider à acquérir le maximum de connaissance. Ainsi qu'à toute personne qui m'a aidé grâce à leur amabilité et leur gentillesse à surmonter les difficultés rencontrées pendant la durée de mon stage.

Je remercie aussi l'ensemble du personnel du Laboratoire de traitement

Par la même occasion, J'adresse mes sincères remerciements à **Mr. Abdeslam MELIANI** mon professeur et mon encadrant à la FST, pour son aide, son soutien et sa disponibilité, ainsi pour ces encouragements.

Mes remerciements vont également à **Madame K. MOUGHAMIR** et **Mr Ahmed BOULAHNA** d'avoir accepté de juger mon travail.

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre 1 : présentation de la RADEM	2
I-Historique	3
II-Organigramme.....	4
III-Distribution de l'eau potable	5
1- Description de l'étagement du réseau:.....	5
2-Les sources d'alimentation:.....	5
3-les réservoirs de stockage :.....	6
Chapitre 2 : les analyses effectuées au laboratoire de contrôle de qualité.....	7
I-Prélèvement des échantillons :.....	8
II-Les analyses bactériologiques :.....	8
1-Les milieux de cultures :.....	9
2- Dénombrement des bactéries :.....	9
a)-Dénombrements des coliformes :.....	9
b)-Dénombrements des germes totaux :.....	11
III- Les paramètres organoleptiques :.....	12
1- L'odeur:.....	12
2-La couleur :.....	12
3- La saveur:.....	12
IV-Les analyses physico-chimiques :.....	12
1-Les analyses physiques:.....	13
a-Test de Température :.....	13
b-Mesure de pH :.....	13
c-La turbidité :.....	14
d-La conductivité :.....	16
2-les analyses chimiques :.....	17
a-Titre alcalimétrique :.....	17
b-Dosage du titre alcalimétrique complet :.....	18
c-Titre hydrométrique :.....	18
Chapitre 3: L'étude de la chloration sur le réseau	
De l'eau de Meknès.....	20

I-demande en chlore :.....	21
II-Station de chloration	23
III- le test de résidu de chlore.....	24
1- méthode de mesure	24
2-repartions de résidu de chlore sur le réseau de Meknès	26
Conclusion.....	30

INTRODUCTION

L'eau est un constituant fondamental pour la vie de tous les êtres vivants.

Il convient de signaler que l'eau recouvre 70,8% de notre globe terrestre, seuls les océans représentent plus de 97,3% de la totalité de cette eau. Il n'y a que 2,7 % d'eau douce dont 80% se trouve dans les glaciers.

En raison des besoins, entre autres de l'agriculture, de l'industrie et des grandes villes, les ressources en eau sont intensément exploitées, souvent d'une manière qui excède les capacités naturelles de renouvellement. Les activités humaines ont provoqué la dégradation de la qualité de cette eau naturelle qui est devenue un vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies hydriques.

La chloration est un moyen simple et efficace pour désinfecter l'eau en vue de la rendre potable. Elle consiste à introduire le chlore dans de l'eau pour détruire les micro-organismes qu'elle contient.

En effet, la désinfection de l'eau à Meknès se fait essentiellement par la chloration car c'est la méthode la moins coûteuse et la plus facile à manipuler par rapport aux autres méthodes.

Mon présent rapport s'articule autour de trois chapitres :

- Présentation générale de l'entreprise.
- le second chapitre traite les analyses effectuées au laboratoire
- dans un troisième chapitre, on va étudier la chloration de l'eau potable.

CHAPITRE 1:

Présentation de la RADEM

I-historique

La RADEM a été créée par délibération du conseil municipal de la ville de Meknès en date du 6 juin 1969 en vue du Dahir n°1-59-315 du 23 juin 1960 relatif à l'organisation communale sous la dénomination de Régie Autonome de Distribution d'Eau et d'Electricité de Meknès.

C'est un établissement public à caractère Industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Elle a succédé à la société marocaine de Distribution.

La régie est chargée d'assurer une alimentation en eau potable et en électricité à la population de la ville de Meknès, et de collecter et traiter les eaux usées, domestique et industrielles.

Etant donné que l'eau et l'électricité sont deux denrées indispensables au quotidien, la RADEM, pour mieux satisfaire ses clients, applique une politique de décentralisation et ce en créant de nouvelles agences, elle envisage aussi la construction de nouveaux postes et réseaux d'alimentation, de plus, elle procède régulièrement au renouvellement des équipements devenus défectueux et ambitionne d'améliorer la qualité de ses prestations.

Elle est gérée par un directeur entouré d'une équipe de 57 ingénieurs et cadres et un effectif de 532 employés satisfaisant annuellement environ 7000 nouveaux abonnés

Dans le but de suivre de près la qualité des eaux distribuées et produites, la régie effectue un contrôle permanent et systématique de la qualité de l'eau conformément aux normes en vigueur.

Ainsi, la RADEM effectue les analyses dans son propre laboratoire et par ses propres moyens, sur l'ensemble du périmètre de distribution, et le fait exécuter aussi par le biais d'un laboratoire extérieur.

La régie procède aussi au nettoyage périodique des réservoirs pour préserver une meilleure qualité du milieu de stockage.

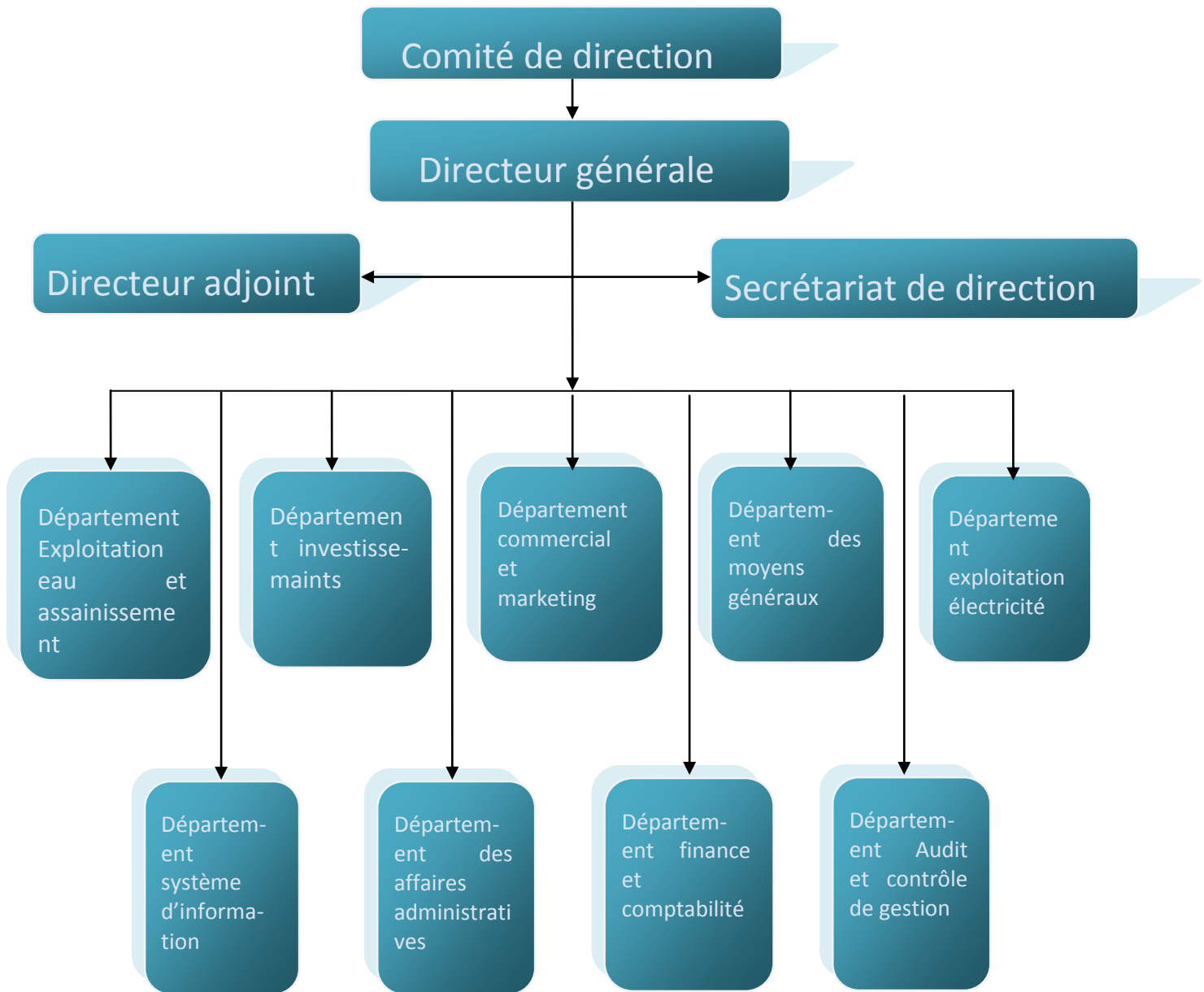
La régie a pour but d'étudier les projets d'addition d'eau et de nouvelles installations électriques qui seront infaillibles dans l'avenir et amélioreront la distribution d'eau et d'électricité.

II-Organigramme

La RADEEM est composée de différents départements :



Conseil administrative



III- Distribution de l'eau potable

1- Description de l'étagement du réseau :

Le réseau de distribution d'eau potable de l'agglomération de Meknès est subdivisé en 4 étages de distribution :

- Etage haut
- Etage moyen

- Etage bas
- Etage supérieur

2-Les sources d'alimentations :

La RADEM a pour rôle de distribuer l'eau potable à l'intérieur de la ville de Meknès et de satisfaire les besoins de ses abonnés.

Pour ce faire, la régie dispose de 4 sources souterraines d'eau captée, puis acheminées vers des réservoirs.

Les sources et forages exploités pour la satisfaction des besoins en eau de l'agglomération de Meknès sont :

- **Ain bittit** : située au site saiss, exploitée depuis 1950, avec un débit de 630 l/s.
- **Ain Ribaa** : située au site saiss, exploitée depuis 1975 avec un débit qui varie entre 100 et 500 l/s
- **Ain Tagma** : située au site boufekrane (prés des usines hydrauliques) avec un débit de 40 l/s.
- **Ain Athrouss** : alimente douar Soussi (réseau ouislane) avec un débit de 20 l/s.
- **ONEP saiss** : située au site saiss avec un débit de 300 l/s.
- **ONEP Hadj kaddour** : située sur le plateau Hadj kaddour avec un débit de 290 l/s.

3-les réservoirs de stockage

Les Cinq réservoirs de Meknès sont représenté dans le tableau suivant:

Tableau 1 : les réservoirs de la régie de la ville de Meknès

Nom réservoir	Capacité(m ³)	Position	Sources D'alimentation	L'étage qui alimente
Réservoir Km ₆	44000	Situé sur la route d'Al haj Kaddour	Rempli par les eaux de Ain Ribâa, ONEP sais et ONEP Hadj Kaddour	Alimente l'étage moyen
Réservoir chambre 3	15000	Situé vers la route d'el Hajeb	Rempli par les eaux Ain Bitit, ONEP Ras El Maa	Alimente l'étage haut et supérieur
Réservoir naiim	10000	Situé sur la route principale 34	Ain Tagma	Alimente l'étage bas
Réservoir l'ENA	15000	Situé sur la route secondaire 313	Ain bittit	Alimente l'étage supérieur
Réservoir Ouislane	1550	Situé à ouislane	Ain athrouss et réservoir L ENA	Alimente l'étage moyen

CHAPITRE 2 :

Les analyses effectuées au laboratoire de contrôle qualité

Le laboratoire se charge du contrôle quotidien de la qualité de l'eau par le biais des analyses bactériologiques et physico-chimiques.

I-Prélèvement des échantillons :

Le prélèvement d'un échantillon c'est l'étape qui consiste à obtenir un volume global d'eau représentatif à contrôler, prélevé dans un endroit bien défini.

Les prélèvements de l'eau peuvent être réalisés au niveau d'un robinet, par des techniciens spécialisés du laboratoire selon la technique décrite dans les normes et consiste à :

- Se laver très soigneusement les mains avec de l'eau.
- Flamber le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement.
- Prélèvement aseptiquement dans des flacons stériles en verre, à large ouverture de capacités d'environ 500 ml, les échantillons sont acheminés rapidement au laboratoire dans des glacières à 4 °C et analysés immédiatement ou à défaut dans les 6 heures qui suivent le prélèvement.

II-Les analyses bactériologiques :

L'analyse bactériologique est une phase extrêmement importante sur le plan sanitaire, son but est d'assurer l'absence de germes pathogènes susceptibles de porter atteinte à la santé du consommateur.

Les germes que nous cherchons durant nos analyses sont : les coliformes fécaux et totaux, les germes totaux, les entérocoques intestinaux.

NB : le matériel utilisé pour ces analyses doit être stérilisé afin d'éliminer les divers micro-organismes présentes, la méthode qu'on utilise souvent au laboratoire est la stérilisation par la chaleur humide, par filtration puis par la chaleur sèche, l'appareil utilisé est l'autoclave ensuite le matériel est mis dans un étuve.

1-Les milieux de cultures :

Un milieu de culture est un support qui permet la culture de bactéries, afin de permettre leur étude. En principe, les bactéries trouvent dans ce milieu les composants indispensables pour leur multiplication en grand nombre, rapidement, il doit donc satisfaire les exigences nutritives du micro-organisme étudié.

Les milieux souvent utilisés au laboratoire pour le contrôle quotidien sont : **Tergitol ; slanetz ; TSC ; gélose nutritive.**

- **Le milieu Tergitol** : c'est un milieu sélectif et de dénombrement des coliformes.
- **Le milieu slanetz** : c'est un milieu sélectif et de dénombrement des entérocoques intestinaux.
- **La gélose nutritive** : c'est un milieu nutritif pour les germes totaux qui n'a pas des exigences particulières.

2- Dénombrement des bactéries :

a) **Dénombrements des coliformes : (filtration sur membrane)**

C'est une technique qui permet de dénombrer les bactéries présentes dans l'eau.



Figure 1 : rampe de filtration trois poste

Principe :

Cette méthode consiste à filtrer un volume d'eau à travers une membrane filtrante (0,45µm) dont les pores ne laissent pas passer les bactéries. Après

filtration la membrane est déposée sur la gélose puis la boîte de pétri incubée à une température convenable pendant 24h.

NB : Avant de commencer à manipuler, on doit désinfecter le milieu de travail par l'alcool ou eau de javel.

L'aspect des colonies:

_ Les coliformes fécaux présentent des colonies de coloration jaune ou orangée, à l'intérieur d'un halo jaune visible sur le milieu Tergitol à 44 °C.

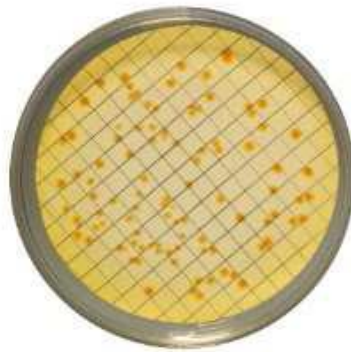


Figure 2 : Coliformes fécaux

_ Les coliformes totaux présentent des colonies de coloration jaune sur le milieu Tergitol à 37 °C.

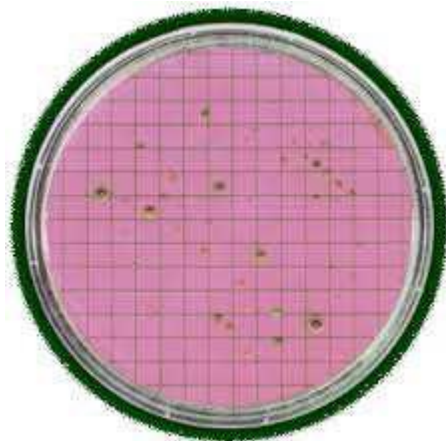


Figure 3 : Coliformes totaux

_ Les entérocoques intestinaux présentent des petites colonies rouge briques sur milieu slanetz à 37 °C.

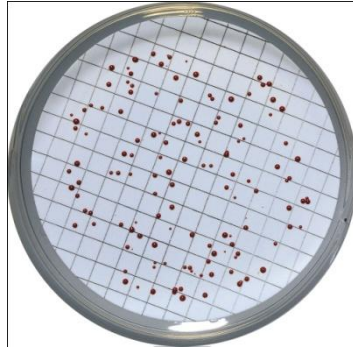


Figure 4 : entérocoques intestinaux

b) Dénombrements des germes totaux (ensemencement en profondeur) :

C'est une technique qui permet de mettre en évidence les germes totaux

Principe :

Mise en culture sur une gélose nutritive d'un échantillon d'eau d'un volume de 1mL et comptage des colonies après incubation à 37 °C et 22 °C pendant 48h.

L'aspect des colonies:

Germes totaux présentent des colonies de coloration blanche.



Figure 5 : Germes totaux

III- Les paramètres organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques sont relatifs à la couleur, la saveur et l'odeur.

Ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe : une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être parfaitement consommable.

Ces paramètres sont réalisés par un laboratoire privé (LPEE).

1- L'odeur :

Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amines, ammoniaque, mercaptans, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problème est généralement l'hydrogène sulfuré (H_2S), qui possède une odeur caractéristique d'œuf pourri.

2-La couleur :

La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer ou le manganèse et/ou de substances organiques. Les substances organiques comprennent généralement des algues, des protozoaires et des produits naturels provenant de la décomposition de la végétation. Il ne faut pas confondre couleur et turbidité. La couleur est très préjudiciable pour l'esthétique.

3- La saveur :

La saveur de l'eau est due à de nombreuses molécules et ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau qui leur est fournie.

IV-Les analyses physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimique sont déterminés afin d'évaluer la qualité de l'eau potable, il est nécessaire d'effectuer de nombreuses analyses incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimique, après le prélèvement de l'eau la mesure de la température s'effectue sur le terrain. Les paramètres physiques étudiés au laboratoire sont : le pH, la conductivité électrique et la turbidité.

1-Les analyses physiques :

a-Test de Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la salubrité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

La mesure de la température doit être sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre.

Résultat :

Tableau 2 : mesure de la température de l'eau dans différents quartiers de la ville de Meknès le mardi 05/05/2015

Le quartier	La température de l'eau en °C
Sidi baba	20,1
Tawra	19,7
Ouisslane	14,7
CTM	22

Toutes les valeurs sont acceptables. (Dans les normes)

b-Mesure de pH :

Le pH d'une eau mesure la concentration des ions hydrogènes dans l'eau. C'est-à-dire l'alcalinité et l'acidité de l'eau sur une échelle de 1 à 14.

La mesure de pH se fait par pH mètre étalonner, cette mesure basée sur la détermination de l'activité des ions hydrogène en utilisant deux électrodes ; une électrode hydrogène et une électrode de référence.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$



Figure 6 : pH mètre de paillase

Résultat

Tableau 3 : mesure de pH le mardi 05/05/2015

Le quartier	Le Ph
Sidi baba	7,83
Tawra	7,84
Ouisslane	7,9
CTM	7,93

On observe que les valeurs de pH sont dans les normes de potabilité ($6,5 < \text{pH} < 8,5$).

Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence < 8 .

c-La turbidité :

La turbidité est la propriété optique de l'eau à absorber ou à diffuser la lumière qui est due à la présence des particules en suspension dans l'eau (argiles, débris organiques, grains de silices...).

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre étalonné où l'on introduit l'eau à analyser dans un petit flacon en verre ; la turbidité est exprimée en NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique).

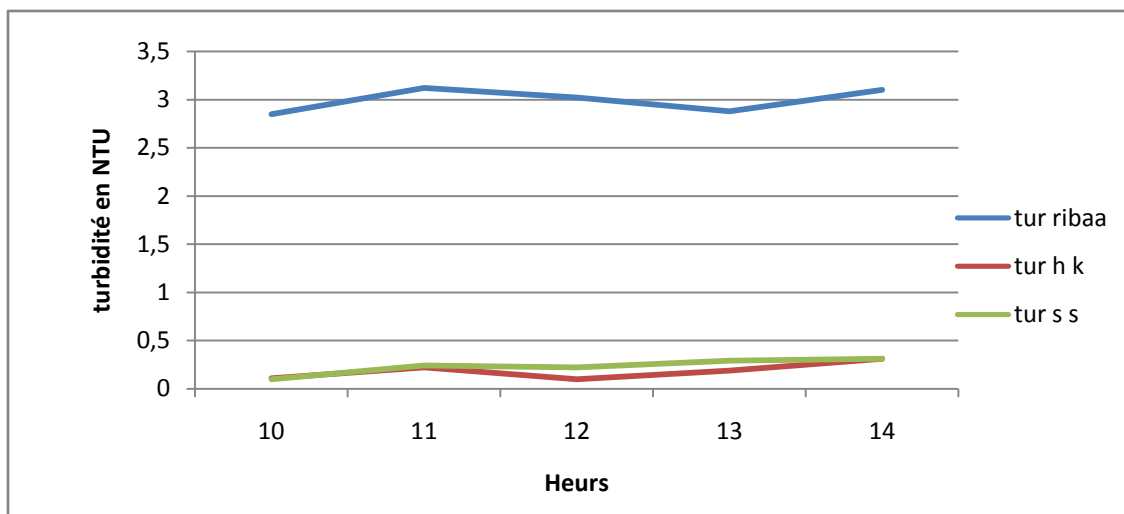


Figure 7 : Turbidimètre, Unité : NTU

Résultat :

Tableau 4 : la turbidité des entrées de réservoir km6 en fonction du temps

Heure	La turbidité en (NTU)		
	Ribaa	Hadj kaddour	Saïss
10	2,85	0,11	0,1
11	3,12	0,22	0,24
12	3,02	0,1	0,22
13	2,88	0,19	0,29
14	3,1	0,31	0,31



Courbe 1 : la variation de la turbidité des entrée en fonction du temps

La turbidité varie faiblement au cours du temps.

La turbidité de la source de ribaa est la plus élevée que les eaux des forages de Sais et Hadj Kadour, ceci est expliqué par l'origine de cette source qui prend naissance du cause moyen atlasique toute en charriant les matières en suspension de ce bassin.

La norme marocaine (la valeur maximale 5 NTU).

d- La conductivité :

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. L'unité de conductivité est le micro siemens par centimètre (µS/cm).

La conductivité et aussi proportionnelle à la concentration en minéraux dissous ionisées.

La conductivité augment lorsque la température s'accroire, ce phénomène s'explique par le fait que la mobilité des ions augmente à cause de la diminution de la viscosité du milieu. Ce ci provoque bien que le transport de courant soit solidaire du transport de matière.

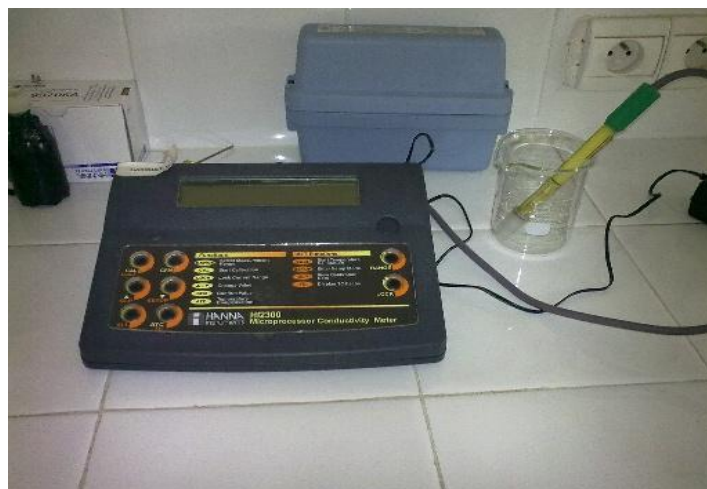


Figure 8 : Conductimètre

Valeur maximale admissible : 2700 µS /cm à 20°C

Résultat :

Tableau 5 : mesure de conductivité

Le quartier	La conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$
Sidi baba	779
Tawra	770
Ouisslane	546
CTM	558

Tous les résultats sont acceptables par les normes de potabilité ($\leq 2700 \mu\text{s}/\text{cm}$)

La variation de la conductivité électrique est justifiée par l'origine diversifiée des eaux distribuées par la régie (sources, forages)

2-les analyses chimiques :

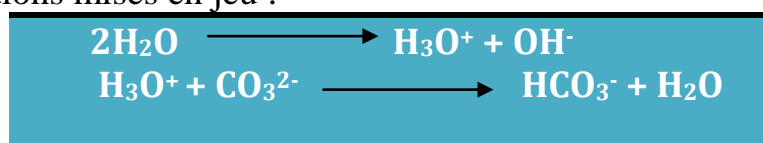
a-Titre alcalimétrique :

o Principe :

Le titre alcalimétrique TA correspond à la neutralisation des ions OH^- et à la transformation de la moitié des ions CO_3^{2-} en HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

La mesure du titre alcalimétrique TA permet de déterminer la concentration en ions carbonate CO_3^{2-} (aq)

Les réactions mises en jeu :



o Mode opératoire :

A 100 ml d'échantillon, on ajoute deux gouttes de phénophtaléine, deux manifestations peuvent se présenter, soit :

_ Une coloration rose, qui signifie que le TA est différent de 0, ce qui nécessite un dosage par HCl (N/10). On verse goutte à goutte jusqu'à la décoloration et on note le volume versé V, donc pH de l'eau est supérieur à 8,3.

_ Pas de Coloration rose, ce qui signifie que le TA est égal à 0, donc pH de l'eau est inférieur à 8.3.

o Expression des résultats :

$$V_1[\text{CO}_3^{2-}] = V_{\text{versé}} C_a ; [\text{CO}_3^{2-}] = V_{\text{versé}} C_a / V_1$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 8,5 * 1,0 \cdot 10^{-2} / 100 = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 8,5 \cdot 10^{-3} * M(\text{CO}_3^{2-})$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 0,51 \text{ g/l}$$

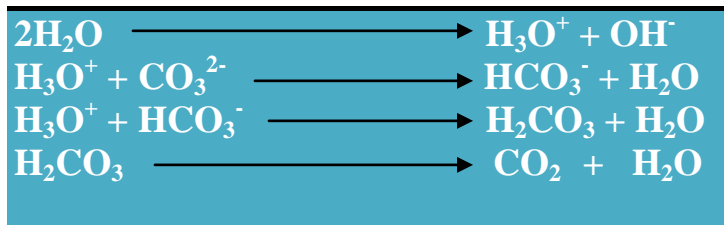
b- titre alcalimétrique complet :

o Principe :

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la neutralisation des ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

Le titre alcalimétrique complet TAC est lié à la concentration totale en ions hydrogénocarbonate $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ et carbonate $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$.

Les réactions mises en jeu :



o Mode opératoire :

A 100ml d'échantillon, on ajoute trois gouttes d'hélianthine, cette manifestation se présente par une coloration jaune qui sera dosée par HCl (N/10) jusqu'au virage jaune orange.

o Expression des résultats :

$$V_1[\text{HCO}_3^-] = V_{\text{versé}} C_a ; [\text{HCO}_3^-] = V_{\text{versé}} C_a / V_1$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 14,8 * 2,0 \cdot 10^{-2} / 50 = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l.}$$

$$[\text{HCO}_3^-] = 5,9 \cdot 10^{-3} * 61 = 0,36 \text{ g/l.}$$

c-Titre hydrométrique :

Appelé également la dureté totale d'eau, c'est la somme de la concentration du calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} , elle correspondant à tous les sels alcalino-terreux dissous dans cette eau.

o Mode opératoire :

Dans 100 ml d'eau on ajoute le même volume de HCl qu'on a utilisé pour le titre alcalimétrique complète et on ajoute 5ml de solution Tampon, après on

chauffe la solution à une T° moins de 50 °C pendant 5min et on ajoute 10 Gouttes de Noir d'Erichrome et on fait le titrage par le complexions III(EDTA) jusqu'on obtient un virage de couleur et on note le volume de complexions III ajouté.

$$N(\text{EDTA}) = n(\text{Ca}^{2+}) + n(\text{Mg}^{2+})$$

$$[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] = C \cdot V_{\text{éq}} / V_{\text{eau}}$$

$$TH = V_{\text{éq}} * 2$$

Avec $V_{\text{éq}}$: le volume de complexions EDTA

Tableau 6 : la dureté de l'eau

TH en °F	Nature d'eau
5°	Très douce
5°→15°	Douce
15°→30°	Dure
30°→50°	Très dure

CHAPITRE 3 :

L'étude de la chloration sur le réseau de l'eau de Meknès

Après avoir fait quelques analyses physico-chimiques au sein de laboratoire de la RADEM, je me suis penché à l'étude de la chloration sur le réseau de l'eau potable de Meknès comme sujet de ce rapport de stage. Il s'agit d'une étude, au sens large, de la chloration sur le réseau d'eau potable.

Cette étude est dite large car elle a pris en compte plusieurs aspects de la chloration. Elle a commencé par la réalisation d'une carte du chlore libre sur le réseau. Puis, elle a cherché à établir la relation de causalité entre le chlore et l'apparition de goûts et d'odeurs chez le consommateur. Cette étude a pour objectif de mieux comprendre ce qui se passe réellement sur le réseau de Meknès, et d'apporter des améliorations, d'ordre fonctionnel et organisationnel, dans le traitement de l'eau par chloration.

I-demande en chlore

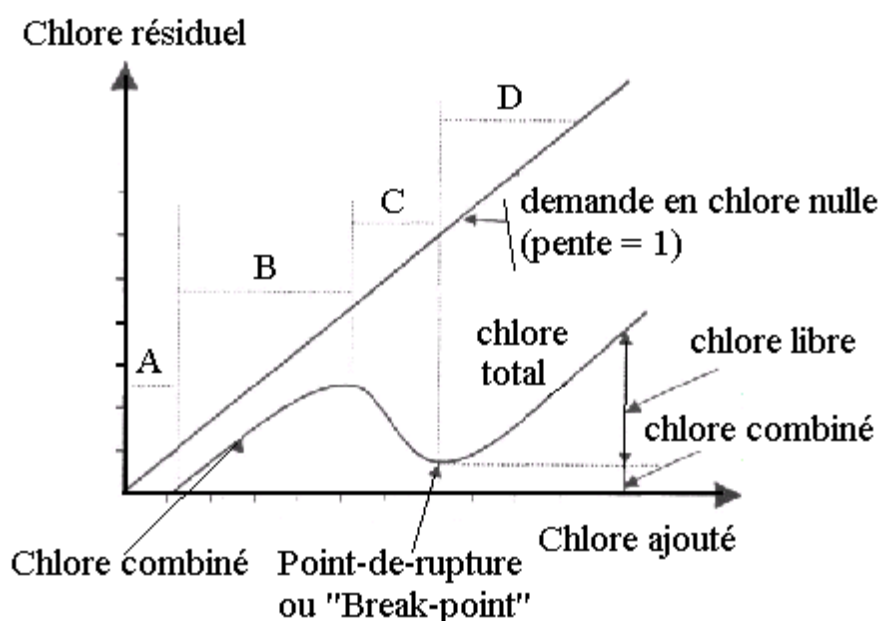
Le chlore n'est pas utilisé directement sous forme gazeuse. Il est tout d'abord dissous dans l'eau, le chlore va s'hydrolyser en donnant naissance à de l'acide hypochloreux :



L'acide hypochloreux est un acide faible dont la dissociation se fait selon la réaction secondaire :



Pour connaître la dose de chlore à injecter, il faut introduire dans différents récipients remplis d'une même quantité d'eau, une dose croissante de chlore. La mesure du chlore libre (chlore libre = chlore total - chlore combiné) après environ 30 minutes donne la courbe d'absorption du chlore.



Courbe 2 : demande en chlore <break point>

Interprétation de la courbe :

La zone A : destruction du chlore par les composés minéraux.

La zone B : le chlore réagit avec des matières azotées pour former des mono et dichloramines.

Réaction :



Cette réaction est sensible au pH et à la température, sa rapidité étant maximale au pH de 8,3.

La zone C : le chlore réagit avec des mono et dichloramines pour former des trichloramines volatiles.

Réaction :



Break point ou point de rupture: toutes les matières azotées ont été oxydées et tous les trichloramine sont pratiquement disparues. Le chlore total est égal au chlore résiduel.

La zone D : La trichloramine est oxydée en azote et en nitrate, et l'on trouve du chlore libre, donc le chlore ajouté reste sous forme de chlore libre

• **Les chloramines** sont des sous-produits de chloration qui génèrent aussi des goûts et odeurs. Elles ne sont ni toxiques ni cancérigènes mais peuvent toutefois poser problèmes à des personnes dialysées, ainsi qu'aux poissons à des concentrations de quelques $\mu\text{g.l}^{-1}$. Parmi les différentes chloramines qui peuvent se former, la dichloramine et la trichloramine donnent particulièrement une odeur et une saveur forte à l'eau dont les seuils respectifs sont $0,8 \text{ mg.l}^{-1}$ et de $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$

II-Station de chloration

Le chlore est introduit au moyen de chloromètres à dépression soutirant le gaz à des bouteilles. Ce dispositif à dépression diminue les risques de fuites dans le milieu du travail. Le chlore est alors dissout dans une canalisation d'eau sous pression au moyen d'un hydrojecteur. L'eau de chlore ainsi produite est injectée dans l'eau à traiter.

Le schéma suivant représente la station de chloration

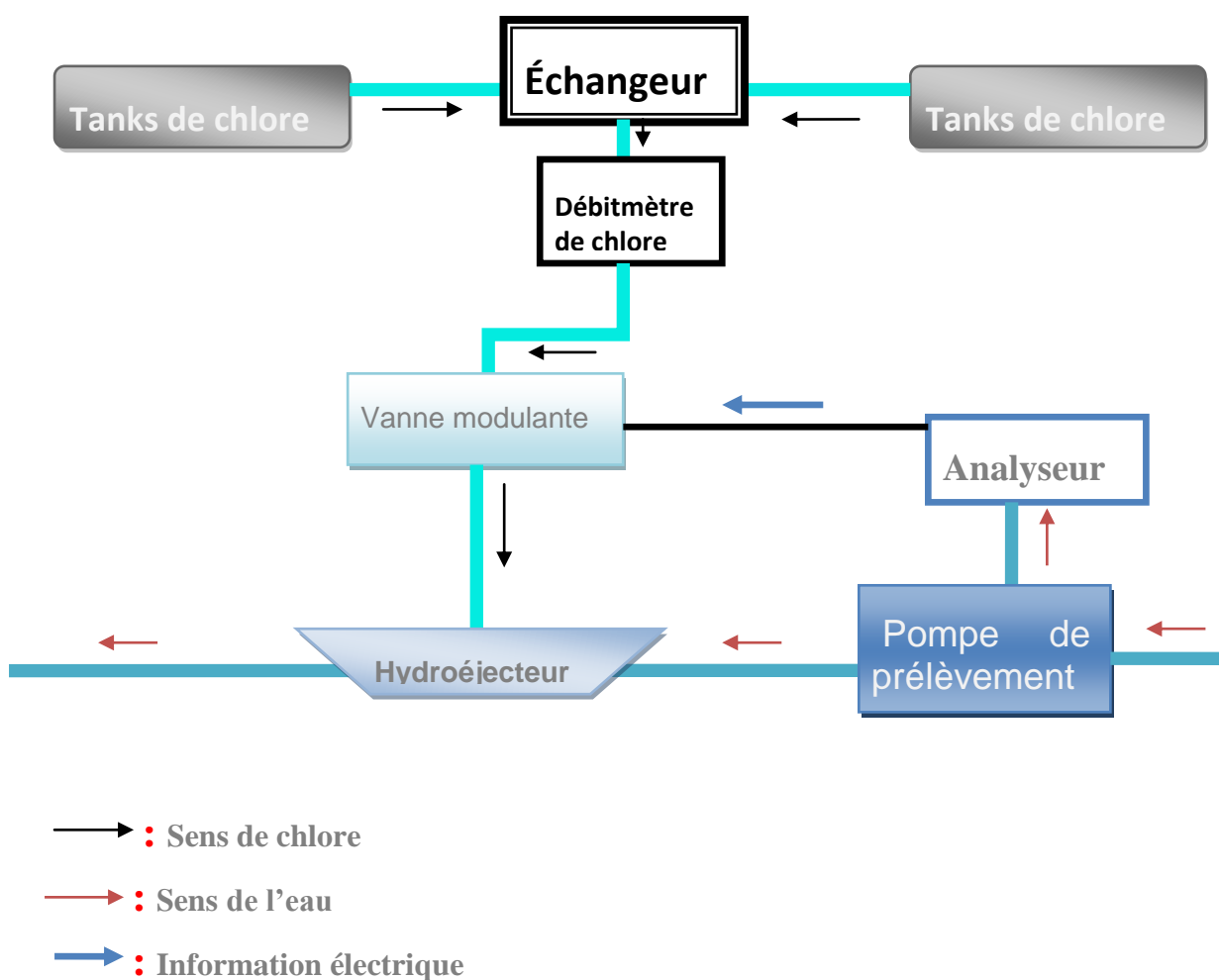


Figure 9 : station de chloration de réservoir km6

Ce schéma représente la station de chloration du réservoir km6, l'eau est arrivée déjà chlorée, donc le rôle de cette station est de régler la teneur en chlore dans l'eau à travers un système automatique en ajoutant du chlore en cas du besoin.

III- le test de résidu de chlore

1- méthode de mesure

La méthode au diméthyle-para-phénylénédiamine (DPD) permet de déterminer le chlore libre et le chlore total disponible. Cette méthode est normalisée et adaptée tant en labo que sur le terrain. Elle est basée sur une détermination colorimétrique du rose apparaissant suite à la réaction entre le chlore et le DPD. On peut conclure la valeur de chlore résiduelle par l'intensité de couleur rose apparaitre on utilise le comparateur ou le analyseur de chlore.



Figure 10 : photomètre analyseur de chlore

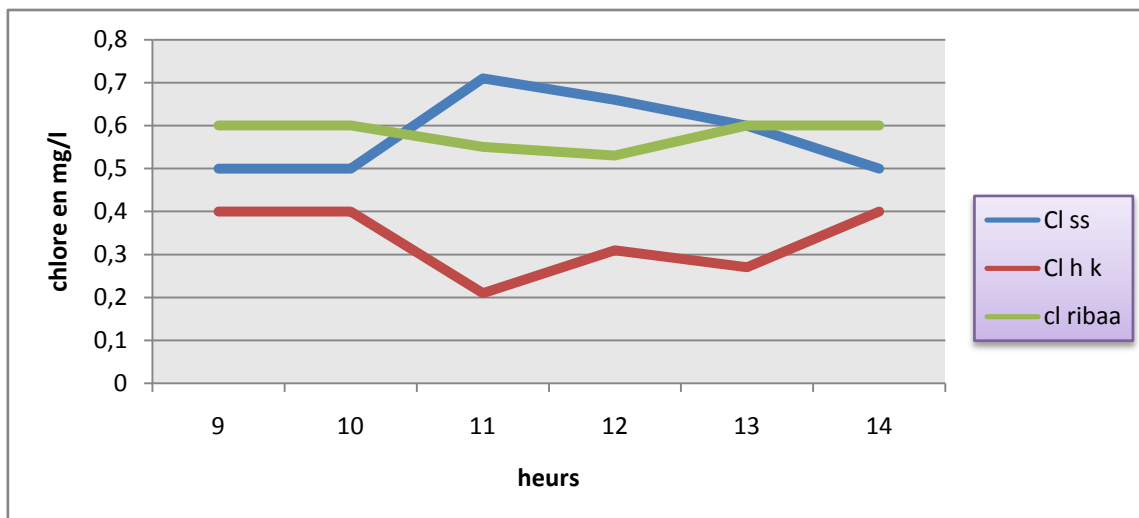


Figure 11 : Le comparateur 2000+

Résultat

Tableau 8 : Suivi de la dose du chlore libre des entrées du réservoir km6

Heure	Le chlore en mg/l		
	Ribaa	Hadj kaddour	Saiss
9	0,6	0,4	0,5
10	0,6	0,4	0,5
11	0,55	0,21	0,71
12	0,53	0,31	0,66
13	0,6	0,27	0,6
14	0,6	0,4	0,5



Courbe 3: la variation de chlore des entrées en fonction du temps

Ces valeurs de chlore libre est généralement acceptable dans les normes marocain ($\geq 0,1$ mg/l)

2-répartitions du résidu de chlore sur le réseau de Meknès

➤ L'intérêt de mesure de chlore *sur le réseau de Meknès*

J'ai choisir de suivre la chloration sur le réseau de l'eau potable de Meknès pour connaitre l'efficacité de cette méthode sur la désinfection de l'eau ainsi que leur effet indirect.

Un premier problème est le résiduel de chlore sur le réseau. On ne connaît pas réellement son comportement donc l'étude va permettre d'établir une carte du chlore résiduel sur le réseau de Meknès. On peut voir si tout le réseau est couvert par un résiduel de chlore, et si tous les consommateurs sont protégés des risques éventuels dus aux virus et bactéries.

Un second point d'interrogation réside dans l'origine des quelques plaintes de la part des consommateurs quant au goût et à l'odeur de l'eau. Ces plaintes sont peu nombreuses mais l'étude vise à déterminer la cause de ces désagréments et mettre en avant des solutions de traitement.

Tableau 9 : Evolution spatiale de la dose du chlore libre dans différents quartiers de la ville de Meknès

La zone de test	Résidus de chlore en mg/l
Marjane	0,4
Ouisslane	0,6
Douar ztouten	0,4
BMO	0,5
Toulal centre	0,4
Bni mhammad	0,4
Hay salam	0,2
Sidi baba	0,4
Nzala	0,6
Kasba	0,6
Basatine	0,7
Zahwa	0,5
Mensour	0,4
Plaisance	0,4



CARTE DE CHLORATION A MEKNES



Legend

● localite

meknes.bmp - Band_1

Value

High : 255

0 550 1 100 2 200 3 300 4 400 Meters

Figure 12 : carte de chloration de Meknès

➤ **Interprétation de la carte de chloration :**

Le réseau de Meknès dispose d'une chloration aux stations de traitement, ainsi qu'une chloration relais aux réservoirs.

Un technicien suit régulièrement le résiduel de chlore sur le réseau en faisant des contrôles ponctuels sur les différentes communes. Toutefois, le suivi du chlore n'a pas encore fait réellement l'objet d'une étude et on ne sait pas vraiment quel est le comportement du chlore tout au long du réseau.

Nous avons déterminé 14 points de mesure de manière à bien quadriller tout le réseau de la ville de Meknès

On aboutit donc à l'établissement d'une carte de chlore libre sur laquelle apparaît le taux de chlore libre

On s'aperçoit que les valeurs doivent être analysées avec précautions, en particulier il faut associer ces résiduels de chlore aux temps de séjour.

Le résiduel de chlore diminue rapidement avec le temps de séjour et la distance à la centre de réseau.

Toutefois il n'est jamais apparu de non-conformité et sur la majeure partie du réseau, le taux de chlore résiduel est correct.

A partir de la carte on peut dire que tous les points contrôlés sont supérieurs à la valeur minimale déterminée par les normes marocaines.

Au niveau de Borj Moulay Omar et Zahwa, la valeur de chlore libre est égale 0,5mg/l. cette valeur de chlore libre est plus adaptée au système de traitement par le chlore de Meknès où l'eau dans ces quartiers ne présente pas des odeurs ou du goût de chlore qui est due à une grande quantité de chlore résiduel dans l'eau d'une part, et la quantité de chlore libre est très suffisante pour détruire les bactéries qui sont encore pressantes dans l'eau d'autre part. Comme ces quartiers sont situés au centre de réseau donc la valeur de chlore trouvée est normale.

Les quartiers proches des réservoirs comme Ouisslane, Basatine ont des valeurs grandes, ces valeurs sont interprétées par l'existence des stations de chloration dans les réservoirs, ces valeurs donnent un goût de l'eau de javel.

On obtient 0,4mg/l dans Marjane, Douar toute, Toulal centre, Bni Mhammad, Sidi baba, Kasba, Mensour et Plaisance. Cette valeur est acceptable car ce résidu de chlore ne donne pas des effets indirects sur le goût et l'odeur de l'eau.

La valeur de chlore libre de Hay Salam est proche de la valeur minimale, dans ce cas on a toujours le risque de contamination après l'expiration de chlore dans l'eau.

On peut conclure que :

Lorsque la distance entre la station de chloration augmente, le chlore libre résiduel dans l'eau diminue, cette variation est due à la désinfection de façons continues au cours de toute la conduite de l'eau.

- ***Le résiduel de chlore*** n'est pas toxique pour l'homme mais il peut générer un goût et une odeur à des concentrations plus ou moins élevées. Sa concentration ne dépasse jamais $0,9 \text{ mg.l}^{-1}$.

Conclusion

La période de mon stage au laboratoire de la RADEM m'a permis d'améliorer mes connaissances et d'acquérir de nouvelles notions sur l'eau, Cette période est passée dans des conditions favorables.

J'ai participé ainsi à différentes activités du laboratoire de la RADEM. En effet la caractérisation physico-chimique de l'eau permet de connaître la composition de l'eau en ions métaux et sels, et les caractéristiques propres de l'eau ainsi que les paramètres bactériologiques qui donne une idée sur les bactéries qui existe dans l'eau.

Durant cette période de stage, j'ai travaillé aussi sur le sujet de chloration de l'eau potable dans tout le réseau de la ville de Meknès, c'est un sujet qui donne une idée générale sur le fonctionnement de chloration dans la station ainsi que la qualité de l'eau sur tout le réseau. Nous avons ainsi établi une carte de chlore, qui est obtenu par des valeurs de chlore libre organisé à l'aide d'un logiciel spécifique (arc gis).

webo-bibliographiques

- ❖ Mémoire fin d'études :- **ANNEMER Saoussan** (2013 / 2014)
-**Zineb MAJBAR**(2010 / 2011)
- ❖ Etude de la chloration sur le réseau d'eau potable du syndicat d'Annonay – Serrières (07) (2005 / 2006)
- ❖ Les documents des analyses d'eau de la RADEM

<http://www.radem.ma>

<http://www.lms-water.com>

Wikipedia, l'encyclopédie libre