



**Département de l'Environnement**

**Diplôme Universitaire de Technologie**

**Génie Minéral et Environnement**

**DUT GME**

**STAGE TECHNIQUE DE FIN D'ÉTUDE**

*L'étude de la chloration sur le réseau  
d'eau de Meknès*

**Réalisé (e) par : AZZOUZI OMAR**

**Lieu de Stage :**



**Encadré (e) par : Pr. Abderrahim Lahrach**

**Jury et Date de Soutenance : Le Mardi 23 Juin 2015**

**Pr. Naoual Rais**

**Pr. Lahcen Benaabidate**

**Pr. Abdelali Chaouni**

**Pr. Driss El Azzab**

**Pr. Abderrahim Lahrach**

**Année universitaire 2014 - 2015**

# DEDICACE

**Je dédie ce travail :**

**A mes très chers 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 au Pr. LAHRACH Abderrahim, mon professeur et mon encadrant à la FST, pour son aide, son soutien et sa disponibilité, ainsi pour ces encouragements.

Mes remerciements vont également aux Pr .Rais Naoual, Pr. Benaabidate Lahcen, Pr. Chaouni Abde-Ali. et Pr. El Azzab Driss .Pour avoir accepté de juger mon travail.

# SOMMAIRE

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Dédicaces .....                                                                        | 1         |
| Remerciements.....                                                                     | 2         |
| Introduction .....                                                                     | 4         |
| <b>Chapitre 1 : Présentation de la RADEM .....</b>                                     | <b>5</b>  |
| I-Historique .....                                                                     | 6         |
| II-Organigramme.....                                                                   | 7         |
| III-Distribution de l'eau potable .....                                                | 8         |
| <b>Chapitre 2 : Les analyses effectuées au laboratoire de contrôle de qualité.....</b> | <b>10</b> |
| I-Prélèvement des échantillons .....                                                   | 11        |
| II-Les analyses bactériologiques :.....                                                | 11        |
| III- Les paramètres organoleptiques :.....                                             | 15        |
| IV-Les analyses physico-chimiques :.....                                               | 15        |
| <b>Chapitre 3 :L'étude de la chloration sur le réseau de l'eau de Meknès.....</b>      | <b>24</b> |
| I-demande en chlore :.....                                                             | 25        |
| II-Station de chloration .....                                                         | 27        |
| III- le test de résidu de chlore.....                                                  | 29        |
| Conclusion.....                                                                        | 34        |

## Introduction générale

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

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. Autrement dit, il y'a environ 0,54 % d'eau douce disponible pour l'Homme.

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 tuer les micro-organismes qu'elle contient. Après un temps d'action d'environ 30 minutes, l'eau est normalement potable.

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

Le présent rapport s'articule autour de trois chapitres après une introduction générale de l'entreprise. Dans un second chapitre, nous avons traité les analyses effectuées au laboratoire de la RADEM et dans le troisième et le dernier chapitre, nous avons étudié 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 28 Hijja 1379 (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 cela 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

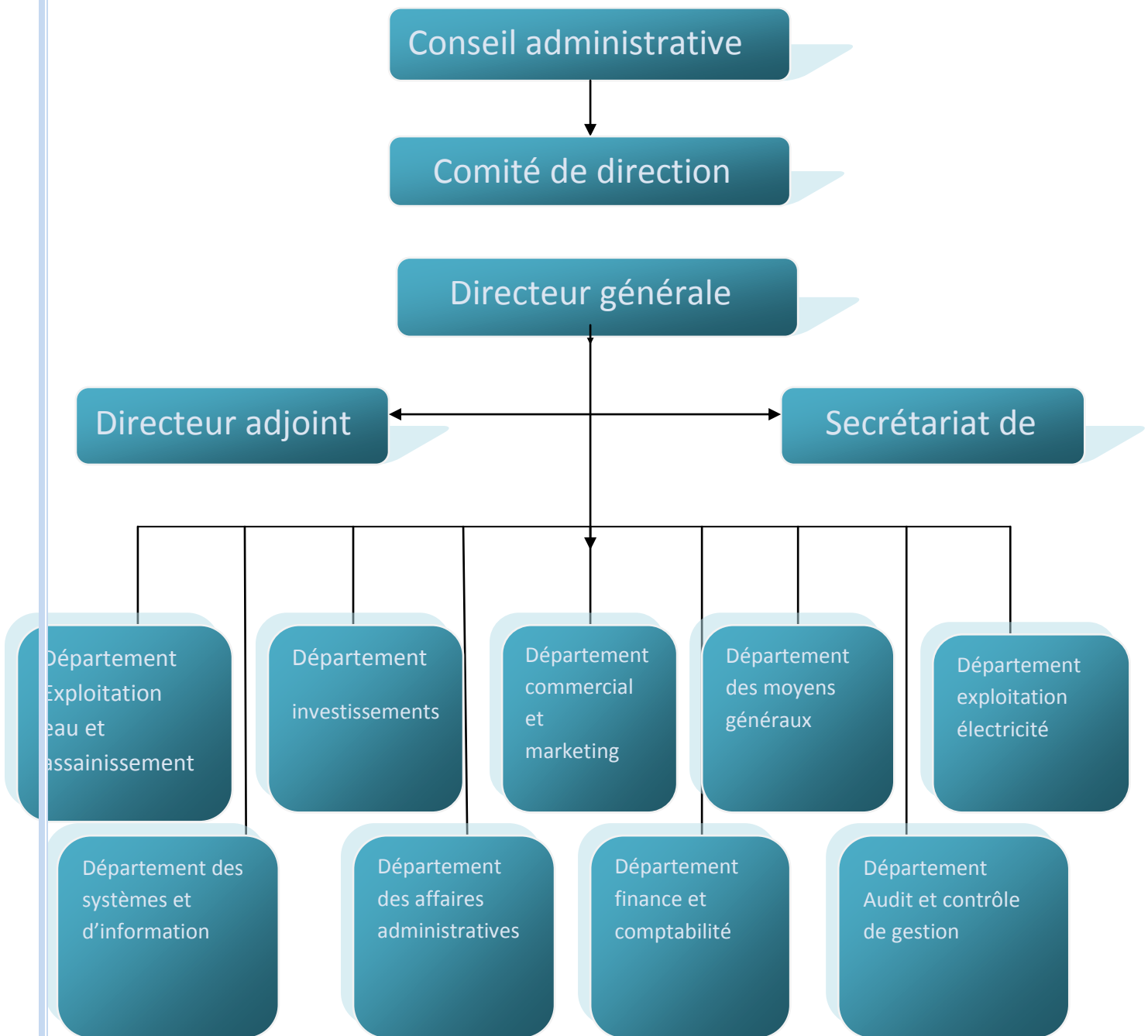
Dans le but de suivre de près la qualité des eaux distribuées et produites, la régie effectue un contrôle permanent et systématique de la qualité de l'eau conformément aux normes en vigueur.

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 exécuté aussi par le biais d'un laboratoire extérieur.

La régie procède aussi au nettoyage périodique à fin d'avoir 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 de la RADEM



**Figure 1 : Organigramme de la RADEM**

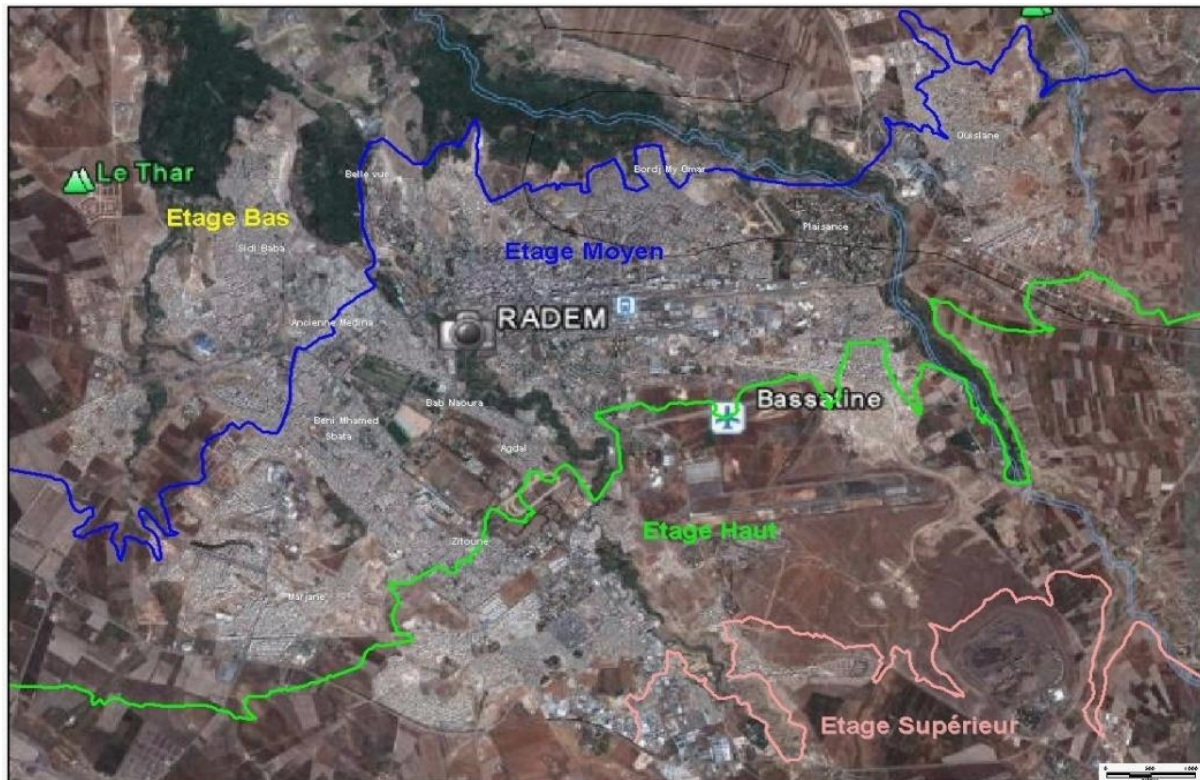


### III- Distribution de l'eau potable

#### 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.



**Figure 2 : Situation des sources d'alimentation de la ville de Meknès**

#### 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 Hajj Kaddour** : située sur le plateau hajj kaddour avec un débit de 290 l/s.

### 3- Les réservoirs de stockage

Les Cinq réservoirs de Meknès sont représenté dans le tableau 1:

**Tableau 1 ! Les réservoirs d'eau de la ville de Meknès**

| Nom du réservoir          | Capacité             | Position                            | Sources D'alimentation                                            | L'étage qui alimenter              |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Réservoir Km <sub>6</sub> | 44000 m <sup>3</sup> | Situé sur la route d'Al haj Kaddour | Rempli par les eaux de Ain Ribâa, ONEP saiss et ONEP Hadj Kaddour | Alimente l'étage moyen             |
| Réservoir chambre 3       | 15000 m <sup>3</sup> | 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           | 10000m <sup>3</sup>  | Situé sur la route principale 34    | Ain Tagma                                                         | Alimente l'étage bas               |
| Réservoir l'ENA           | 15000 m <sup>3</sup> | Situé sur la route secondaire 313   | Ain bittit                                                        | Alimente l'étage supérieur         |
| Réservoir Ouislane        | 1550 m <sup>3</sup>  | 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 d'eau à travers des analyses bactériologiques et physico-chimiques.

### **I-Prélèvement des échantillons :**

Le prélèvement d'un échantillon 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 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 le divers micro-organisme présente, la méthode qu'on utilise souvent au laboratoire est la stérilisation par la chaleur humide, 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 :

### 2-1- Dénombrements des coliformes : (filtration sur membrane)

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



**Photo 1 : Rampe de filtration trois poste**

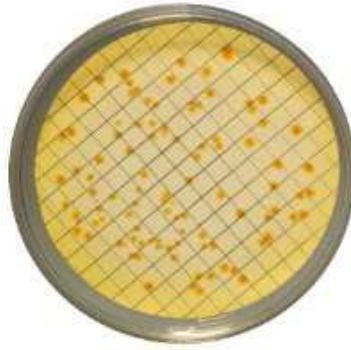
#### **Principe :**

Cette méthode consiste à filtrer un volume d'eau à travers une membrane filtrante ( $0,45\mu\text{m}$ ) 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.

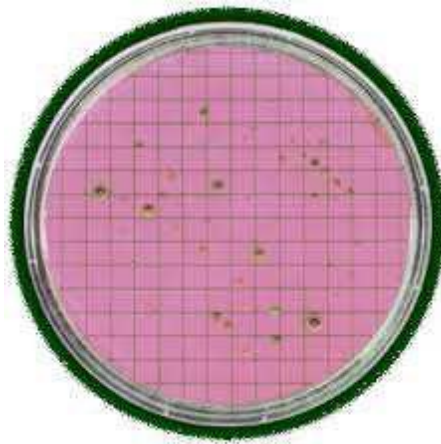
#### **L'aspect des colonies:**

\_ Les coliformes fécaux présentent des colonies de coloration jaune ou orangée, à l'intérieur d'un halo jaune visible sur le milieu Tergitol à  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



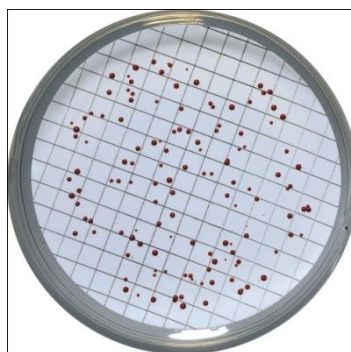
**Photo 2 : Coliformes fécaux**

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



**Photo 3: Coliformes totaux**

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



**Photo 4 : Entérocoques intestinaux**

**2-2- 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.



**Photo 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, ammoniacque, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problème est généralement l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S), qui possède une odeur caractéristique.

**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.

**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 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 placer au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide thermomètre.

Voila quelques exemples :

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

| <b>La zone</b>   | <b>La température de l'eau en °C</b> |
|------------------|--------------------------------------|
| <b>Sidi baba</b> | 20,1                                 |
| <b>Tawra</b>     | 19,7                                 |
| <b>Ouisslane</b> | 14,7                                 |
| <b>CTM</b>       | 22                                   |

Toutes les valeurs sont acceptables par les normes internationales des eaux prêtes à consommer.

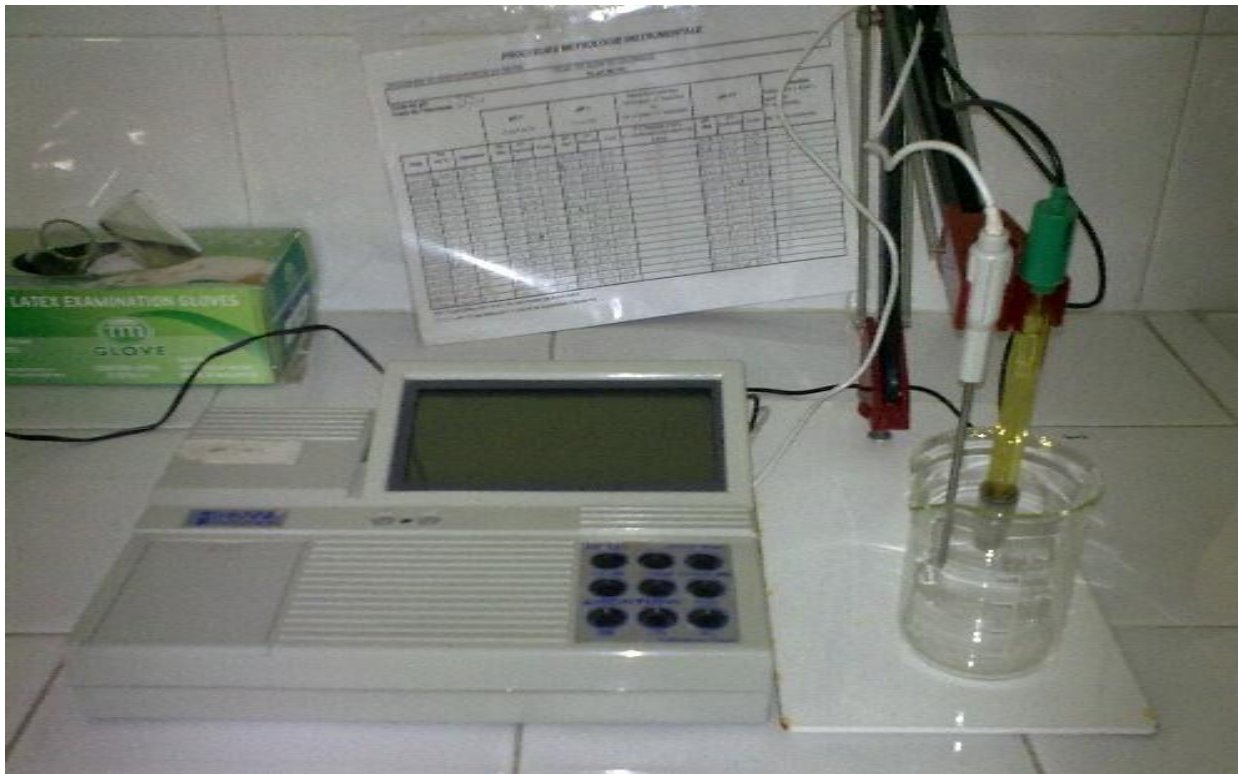
#### **b-Mesure de pH :**

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.

$$\text{pH} = -\log (\text{H}_3\text{O}^+)$$





**Photo 6 : pH mètre de pailleasse**

## Résultat

**Tableau 3: mesure de pH le mardi 21/05/2015**

|                  | <b>Le pH</b> |
|------------------|--------------|
| <b>Sidi baba</b> | 7,83         |
| <b>Tawra</b>     | 7,84         |
| <b>Ouisslane</b> | 7,9          |
| <b>CTM</b>       | 7,93         |

Les normes de potabilité est ( $6,5 < \text{pH} < 8,5$ )

Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence inférieur à 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).

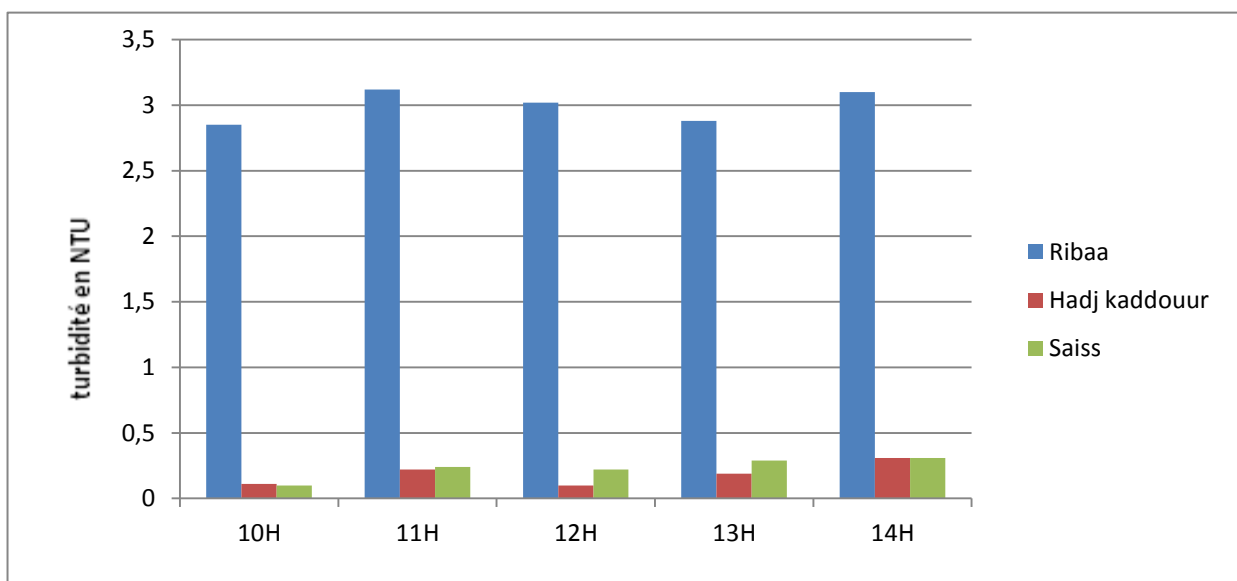


Photo 7 : Turbidimètre, Unité : NTU

**Résultat :**

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

| Heurs | La turbidité en (NTU) |              |       |
|-------|-----------------------|--------------|-------|
|       | Ribaa                 | Hadj kaddour | Saiss |
| 10H   | 2,85                  | 0,11         | 0,1   |
| 11H   | 3,12                  | 0,22         | 0,24  |
| 12H   | 3,02                  | 0,1          | 0,22  |
| 13H   | 2,88                  | 0,19         | 0,29  |
| 14H   | 3,1                   | 0,31         | 0,31  |



**Figure 3: La variation de la turbidité des entrées de réservoir km6 en fonction du temps**

La turbidité varie faiblement au cours du temps, la turbidité de la source de ribaa est plus élevée que les eaux des forages de Sais et Haj 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 stipule que la valeur de la turbidité ne doit en aucun cas dépassé la valeur de 5 NTU.

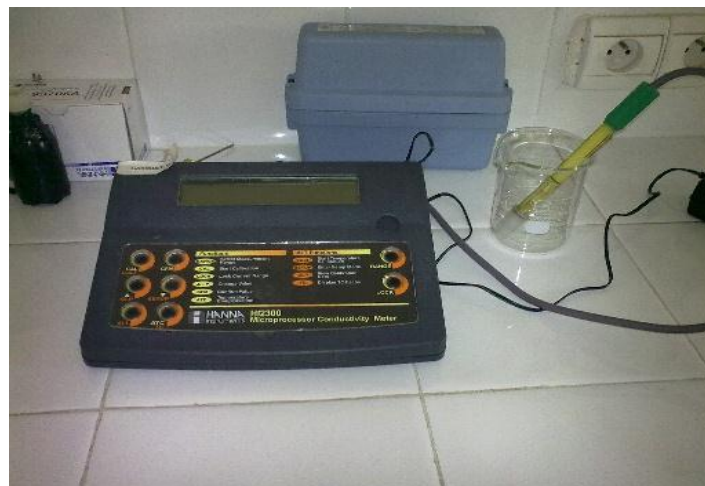
#### **d- La conductivité :**

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. L'unité de conductivité est le micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

La conductivité est aussi proportionnelle à la concentration en minéraux dissous ionisés

La température de référence habituellement est de 25 °C.

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



**Photo 8: Conductimètre**

Valeur maximale admissible : 2700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 20°C

**Résultat :**

**Tableau 5 : les mesures de la conductivité**

| La zone   | La conductivité en $\mu\text{S/cm}$ |
|-----------|-------------------------------------|
| Sidi baba | 779                                 |
| Tawra     | 770                                 |
| Ouisslane | 546                                 |
| CTM       | 558                                 |

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

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

**Tableau 6 : Résultats des analyses**

| Référence échantillon | Température °C |      | pH   | Conductivité à 20°C | Turbidité | Cl <sub>2</sub> | Germes totaux /ml |           | Coliformes totaux | Esherichia Coli |
|-----------------------|----------------|------|------|---------------------|-----------|-----------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------------|
|                       | Air            | Eau  |      | $\mu\text{S/cm}$    | NTU       | mg/l            | à 37°C            | à 20-22°C | /100ml            | /100ml          |
| P1                    | 24,0           | 20,2 | 7,70 | 560                 | 3,82      | 0,48            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P2                    | 25,0           | 19,1 | 8,00 | 530                 | 4,00      | 0,42            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P3                    | 25,0           | 20,5 | 7,90 | 562                 | 3,14      | 0,46            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P4                    | 24,0           | 19,1 | 7,80 | 497                 | 0,08      | 0,50            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P5                    | 27,0           | 21,5 | 7,80 | 683                 | 0,82      | 0,30            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P6                    | 27,0           | 18,8 | 8,10 | 508                 | 0,53      | 0,60            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P7                    | 25,0           | 19,4 | 7,96 | 510                 | 0,63      | 0,30            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P8                    | 25,0           | 19,8 | 8,05 | 510                 | 0,61      | 0,50            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P9                    | 25,0           | 21,2 | 8,06 | 506                 | 0,27      | 0,77            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P10                   | 25,0           | 18,0 | 7,90 | 494                 | 0,13      | 0,55            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |
| P11                   | 26,0           | 22,6 | 7,80 | 560                 | 2,65      | 0,46            | 0                 | 0         | 0                 | 0               |

**P : Prélèvement**

**P1** : Marjane  
**P6** : Bni mhammad  
**P10** : Kasba  
**P14** :Plaisance

**P2** : Ouisslane  
**P7** : Hay salam  
**P11** : Basatine

**P3** : Douar ztouten  
**P8** : Sidi baba  
**P12** : Zahwa

**P4** : Borj My Omar

**P5** :Toulal  
**P9** : Nzala  
**P13** : Mensour

## 2-les analyses chimiques :

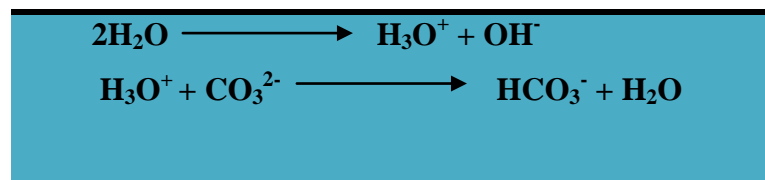
### a-Titre alcalimétrique :

#### o Principe :

Le titre alcalimétrique TA correspond à la neutralisation des ions  $\text{OH}^-$  et à la transformation de la moitié des ions  $\text{CO}_3^{2-}$  en  $\text{HCO}_3^-$  par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

La mesure du titre alcalimétrique TA permet de déterminer la concentration en ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$

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  $\text{HCl}$  (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 :

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

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

$$[\text{CO}_3^{2-}] = 8,5 * 10^{-3} * M(\text{CO}_3^{2-}) \qquad [\text{CO}_3^{2-}] = 0,51 \text{ g/l}$$

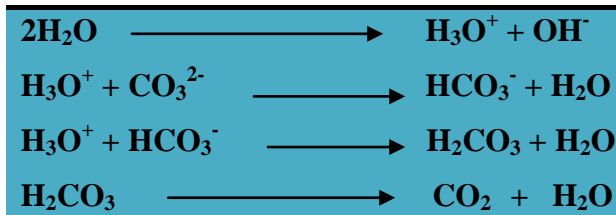
### b-Dosage du titre alcalimétrique complet :

#### O Principe :

Le titre alcalimétrique complet TAC correspond à la neutralisation des ions  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  par un acide fort en présence d'un indicateur coloré.

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

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

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

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

#### c-Titre hydrométrique :

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

#### 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  $T^\circ$  moins de  $50^\circ\text{C}$  pendant 5min et on ajoute 10 Gouttes de Noir d'Erichrome et on fait le titrage par le complexions III jusqu'on obtient un virage de couleur et on note le volume de complexions III ajouté.

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

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

$$\text{TH} = V_{\text{éq}} * 2$$

Avec **V<sub>éq</sub>**: le volume de complexions

$$TH = 6ml * 2$$

$$= 12 F$$

Donc selon le tableau on peut constater que l'eau qu'on analysé est une eau Douce

**Tableau 7 : la dureté de l'eau**

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

#### **d-Dosage de calcium Ca<sup>2+</sup>:**

Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Le calcon est utilisé comme indicateur pour le dosage du calcium. Le magnésium est précipité lors du dosage sous forme d'hydroxydes et n'interfère pas.

#### **Mode opératoire :**

Dans 100ml d'eau on ajoute 1ml de soude caustique à 33% et 5 à 6 gouttes d'indicateur muraxi de à ce stade on aura une coloration rouge et on titre par la complexion III jusqu'on obtient une teinte bleu.

$$[Ca^{2+}] = 1000 * V * 0.8016 / V_e$$

$$= 9,619$$

Avec **V**: volume de complexion III (1,2)

**V<sub>e</sub>**: volume d'eau (100ml)

Le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas ailleurs l'indicateur choisi ne se combine que avec le calcium.

Il suffit de faire le calcul suivant

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

$$= 12 - 9,619$$

$$= 2,381$$

**e-Dosage de matière organique oxydable par  $KMnO_4$  en milieu acide :**

**Principe :**

Les matières oxydables contenus dans l'eau à analyser sont oxydées par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à chaud pendant 13min, ensuite l'excès de  $KMnO_4$  est réduit par le carbonate de sodium en excès, la quantité d'acide oxalique n'ayant pas réagi est dosé par le  $KMnO_4$ .

**Mode opératoire :**

Dans 100ml d'eau on ajoute 2ml de l'acide sulfurique concentré puis 10ml  $KMnO_4$  N/100 après on chauffe la solution pendant 13min et on ajoute 10ml de  $Na_2C_2O_4$  N/100, le liquide doit se décolorer On dosé avec la solution  $KMnO_4$  puis on ajoute 10  $Na_2C_2O_4$ , on dosé avec la solution  $KMnO_4$ .

La formule pour le calcul de permanganate consommé par litre :

$$(A+B-C) \times 1000 \times 0,316 / 100 \times C$$

Avec A : volume de  $KMnO_4$  introduit au début.

B : volume de  $KMnO_4$  ajouté jusqu'à virage rose.

C : volume de  $KMnO_4$  de deuxième dosage.

**Résultat : les analyses de l'eau brute**

A= 10 ml

B= 5ml

C= 9ml

$$(A+B+C) \times 1000 \times 0,316 / 1000 \times C = 2,1$$

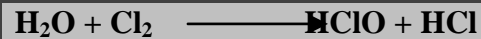


**Chapitre 3 :**  
**L'étude de la chloration sur le réseau  
d'eau de Meknès**

Le chlore est l'un des produits utilisés pour la désinfection de l'eau potable où il est employé essentiellement sous forme de chlore gazeux ou d'hypochlorite de sodium (eau de javel). On a donc choisi l'étude de la chloration sur le réseau de l'eau potable de Meknès comme objet du rapport de stage. Il s'agit d'une étude, au sens large, de la chloration sur le réseau d'eau potable.

## I-Demande en chlore

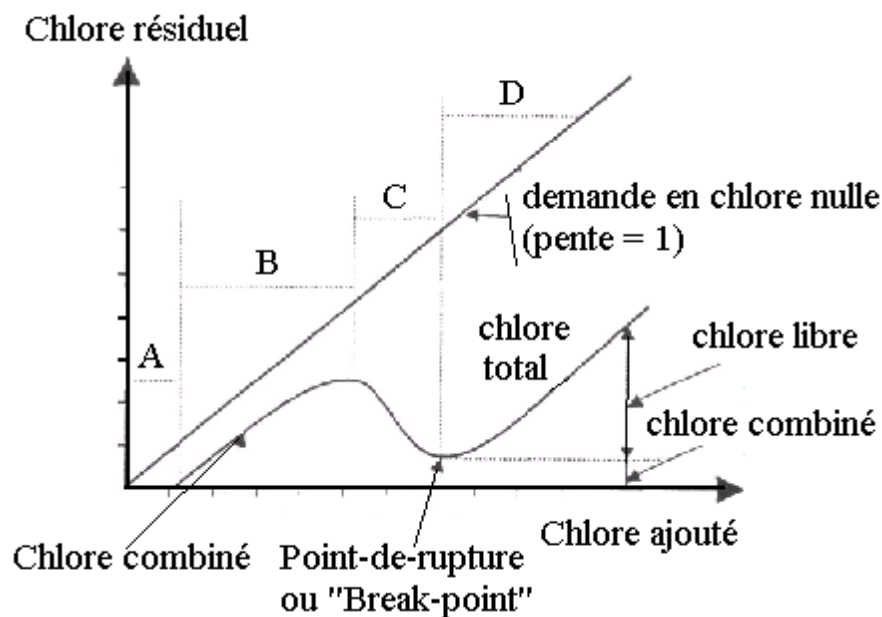
Le chlore n'est pas utilisé directement sous forme gazeuse. Il est tout d'abord dissous dans l'eau, le chlore va s'hydrolyser en donnant naissance à de l'acide hypochloreux :



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 résiduel (chlore total) après environ 30 minutes donne la courbe d'absorption du chlore.



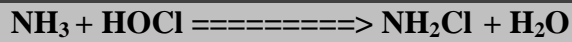
**Figure 4 : Demande en chlore <break point>**

### Interprétation de la courbe :

**La zone A:** le chlore oxyde les substances réductrices d'eau : il est consommé.

**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 mon et dichloramines pour former des trichloramines volatiles.

**Réaction :**

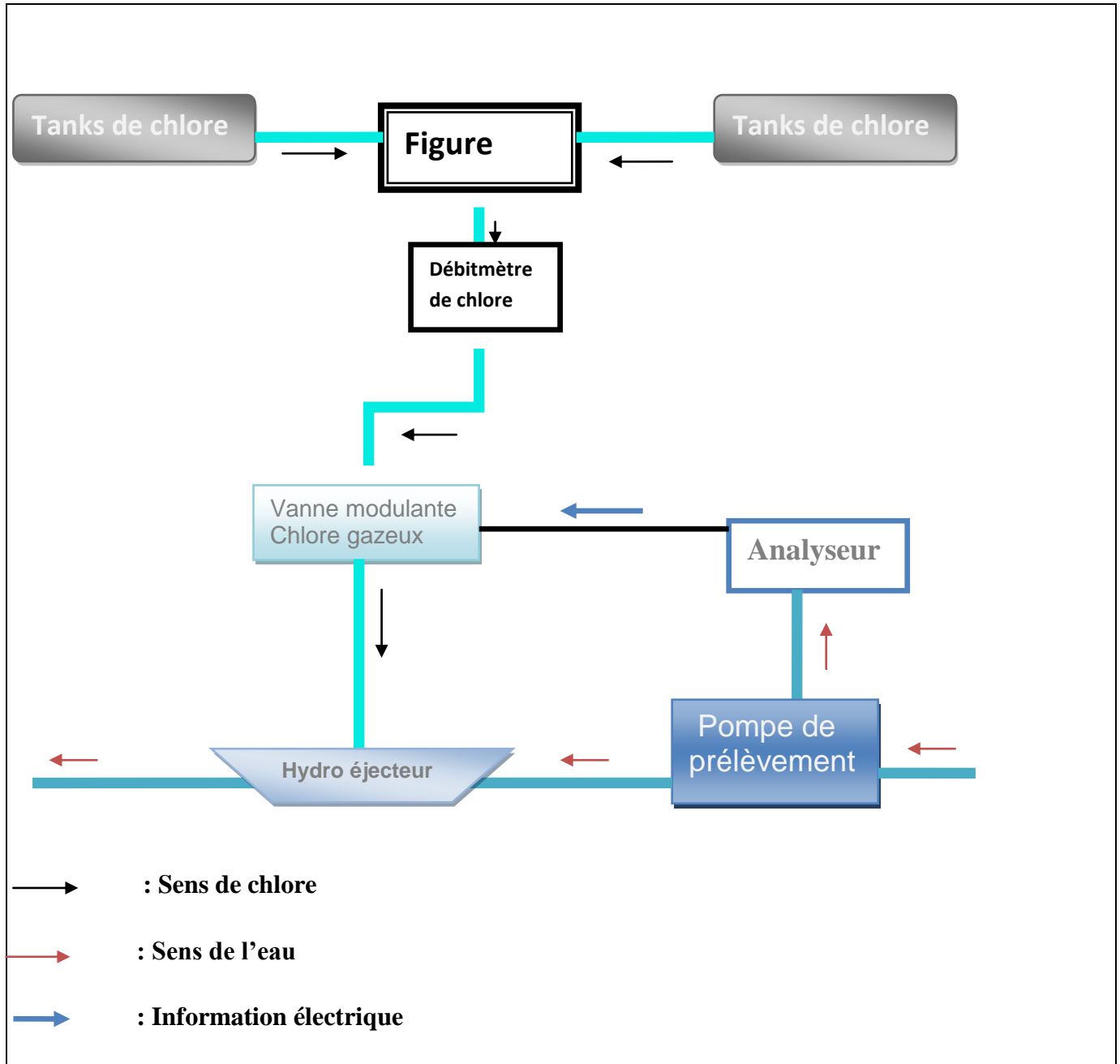


**Break point** ou point de rupture: toutes les matières azotées ont été oxydées et tous les trichloramine sont pratiquement disparues. Le chlore total est égal au chlore résiduel.

**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  $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$

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.



**Figure 5 : Station de chloration du 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 le règlement de la teneur en chlore dans l'eau à travers un système automatique en ajoutant du chlore en cas du besoin.



**Photo 9 : Station de chloration de km6 Tanks de chlore**



**Photo 10 : Tanks de chlore**



**Photo 11: Alarme**

### III- le test de résidu de chlore

#### 1- méthode de mesure

La méthode au diméthyle-para-phénylénédiamine (DPD) permet de déterminer le chlore 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.



**Photo 12 : analyseur de chlore**



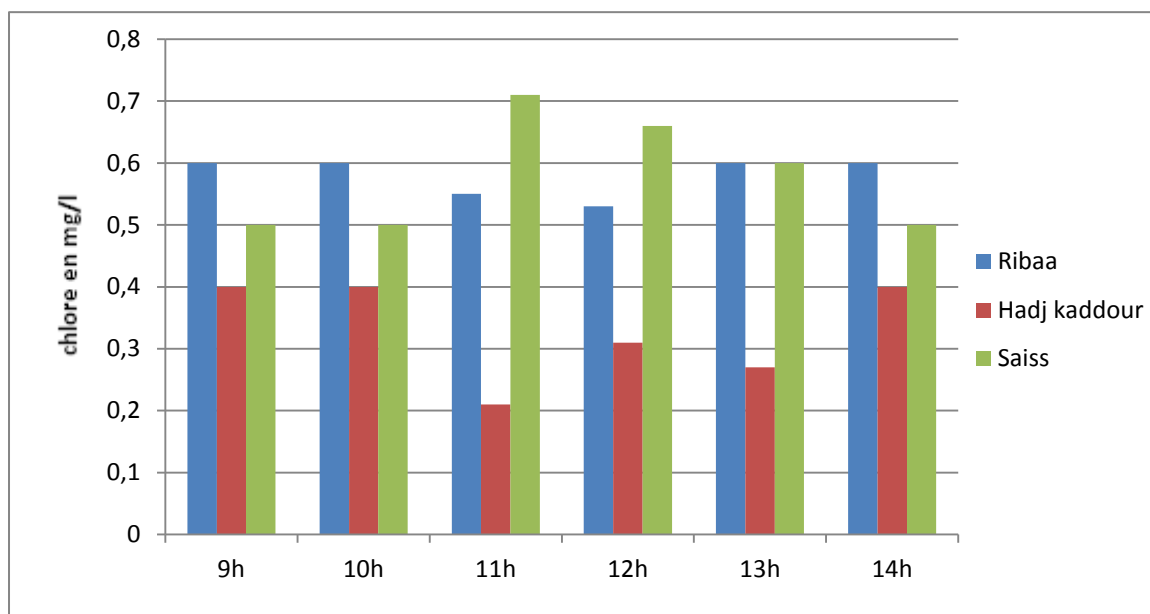


**Phoyo13 : Le comparateur 2000+**

**Résultat :**

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

| Heurs | 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   |



**Figure 6: La variation de chlore des entrées en fonction du temps**

Ces valeurs de chlore sont généralement acceptables dans les normes marocaines ( $0,1\text{mg/l} < \text{valeur du chlor} < 1\text{ mg/l}$ ).

2-repartitions de résidu de chlore sur le réseau de Meknès

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

Le suivi de la chloration sur le réseau de l'eau potable de Meknès est fait pour connaître l'efficacité de cette méthode à 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.

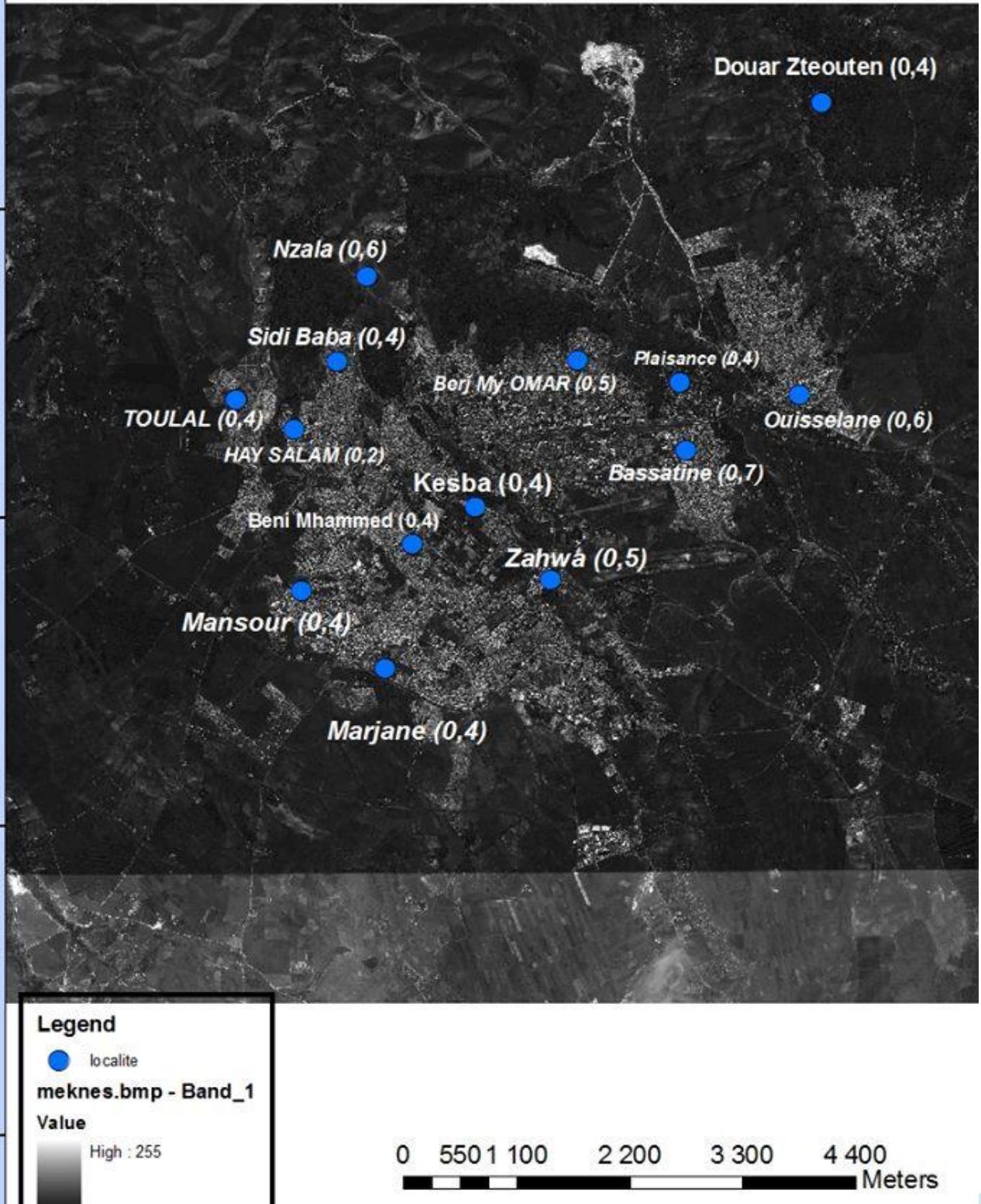
**Tableau 9 : Evolution spatiale de la dose du chlore dans les différents quartiers de la ville de Meknès**

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





## CARTE DE CHLORATION A MEKNES



**Figure 7 : carte de chloration de Meknès effectuée par le logiciel ARCGIS**

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 peut conclure que :

Lorsque la distance avec la station de chloration augmente le chlore libre résiduel dans l'eau diminue ces variations sont dues à la désinfection de façon continue au cours de tout le conduit 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 générale**

Durant ce stage effectué au sein de la RADEM, j'ai découvert ce qu'était le monde professionnel et je me suis familiarisé avec son fonctionnement.

La période de mon stage à la RADEM m'a permis d'améliorer mes connaissances et d'acquérir des nouvelles notions sur l'eau, d'apprendre beaucoup de choses pour compléter mes études. Cette période passe dans des conditions favorables et j'ai participé à différentes activités.

Le laboratoire de contrôle de la qualité contient des analyses bactériologiques ainsi que les analyses physico-chimiques.

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 donne une aide sur les bactéries existe dans et les autres être vivante.

Dans la période de ce stage j'ai travaillé sur le sujet de chloration sur le réseau de l'eau potable 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 grâce à une carte de chloration, qui est obtenir par des valeurs de chlore organisées à l'aide du logiciel ARCGIS ..

## Liste des tableaux, photos et figures

### Liste des figures :

Figure 1 : Organigramme de la RADEM

Figure 2 : Situation des sources d'alimentation de la ville de Meknès

Figure 3: La variation de la turbidité des entrées de réservoir km6 en fonction du temps

Figure 4 : Demande en chlore <break point>

Figure 5 : Station de chloration du reservoir km6

Figure 6: La variation de chlore des entrées en fonction du temps

Figure 7 : carte de chloration de Meknès effectuée par le logiciel ARCGIS

### Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les réservoirs d'eau de la ville de Meknès

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

Tableau 3: mesure de pH le mardi 21/05/2015

Tableau 4 : les mesures de la conductivité

Tableau 5 : Résultats des analyses

Tableau 6 : la durite de l'eau

Tableau 7 : Suivi de la dose du chlore e des entrées du réservoir km6

Tableau 8 : Evolution spatiale de la dose du chlore dans les différents quartiers de la ville de Meknès.

### Listes des photos :

Photo 1 : Rampe de filtration trois poste

Photo 2 : Coliformes fécaux

Photo 3: Coliformes totaux

Photo 4 : Entérocoques intestinaux

**Photo 5 : Germes totaux**

**Photo 6 : pH mètre de paillasse**

**Photo 7 : Turbidimètre, Unité : NTU**

**Photo 8: Conductimètre**

**Photo 9 : Station de chloration de km6 Tanks de chlore**

**Photo 10 : Tanks de chlore**

**Photo 11: Alarme**

**Photo 12 : analyseur de chlore**

**Phoyo13 : Le comparateur 2000+**

## Références bibliographiques

➤ **Etude de la chloration sur le réseau d'eau potable du syndicat d'Annonay – Serrières (07) (2005 / 2006) . : réactions chimique des eaux**

➤ Document des analyses d'eau de la RADEM : chloration des eau

➤ Livre Analyse 2009 de Rodier. (Chapitre de la chloration) :

La demande en chlore

➤ <http://www.radem.ma> : Donnés sur le réseau de distribution d'eau de Meknès.  
Historique de la Régie .

➤ Wikipedia, l'encyclopédie libre : L'eau potable .

➤ [Google.com/ lms-water docrep/006/t0165f/t0165f03.htm](http://Google.com/lms-waterdocrep/006/t0165f/t0165f03.htm)