



Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

Contrôle de qualité de l'eau de surface (Bab Hamra)

Présenté par :

◆ LAZRAG Rajae

Encadré par :

- ◆ Mme EL MEKKOUDI Zahra (Société)
- ◆ Pr BOUAYAD Abdeslam (FST)

Soutenu Le 09 Juin 2016 devant le jury composé de:

- Pr. BOUAYAD Abdeslam
- Pr. CHAKROUNE Saïd
- Pr. BOUAYAD Abdelouahed

Stage effectué à RADEEF

Année Universitaire 2015 / 2016



Sommaire

Introduction.....	1
I- Présentation de RADEEF.....	2
1. Laboratoire de contrôle	2
a. Ressource en eau	2
b. Objectifs.....	2
c. Activités.....	2
2. Organigramme de laboratoire.....	3
3. Eau et ses différents types	4
a. Cycle de l'eau.....	4
b. Différents types d'eau.....	5
II- Traitement des eaux de surface (Oued Sebou).....	6
A. Prétraitement.....	6
1. Dégrillage.....	6
2. Dessablage.....	6
3. Dégraissage-déshuilage.....	7
4. Débourbage.....	7
B. Traitement.....	7
1. Pré-chloration.....	8
2. Coagulation-floculation.....	8
3. Décantation.....	9
4. Filtration.....	9
5. Stérilisation.....	10
a. Degré chromométrique.....	10
b. Demande en chlore	10
III- Analyse et contrôle de qualité de l'eau du réservoir Bab Hamra.....	12
1. Analyses organoleptique	12
a. Gout.....	12
b. Odeur.....	12

c. Couleur.....	12
2. Analyses physique.....	13
a. Température.....	13
b. Potentiel hydrogène	14
c. Conductivité.....	15
d. Turbidité.....	16
3. Les analyses chimiques.....	17
a. Dosage des chlorures	17
b. Dosage des nitrites	18
c. Dosage des nitrates	20
d. Dosage d'ammonium	21
e. Dosage des sulfates.....	22
4. Les analyses bactériologiques.....	24
a. Coliforme.....	24
b. Escherichia coli.....	24
c. Entérocoque intestinaux.....	24
d. Micro-organisme revifiables.....	25
e. Spore micro-organismes anaérobies.....	25

Conclusion	29
------------------	----

Remerciement

Je remercie le grand dieu de m'avoir aidé à finir mes études dans les meilleures conditions.

Avant de commencer à rédiger mon rapport, je tiens à adresser mes sincères remerciements aux personnes qui m'ont permis de mener à bien mon travail par leurs sincères collaborations.

Je tiens a remercie tout particulièrement Mr. BOUAYAD Abdeslam mon encadrant pour ses conseils et disponibilité ainsi que ses remarques pertinentes et suggestions constructives. Et je tiens aussi à remercie les membres de jury Mr. CHAKROUNE Saïd et Mr. BOUAYAD Abdelouahed de bien vouloir acceptés de juger ce travail.

Je tiens a remercie Mme. EL MEKKOUDI Zahra en tant que responsable sur les analyses physico-chimiques qui ma facilité la compréhension de travail et qui ma aidée avec ses conseils.

J'adresse mes sincère remercient à Mr le Directeur de la R.A.D.E.E.F Y.LAKLLALECH qui m'a autorisé d'effectuer mon stage au sein de la Régie.

Une spéciale dédicace pour ma famille, pour mes proches et mes amies qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce travail.

Introduction

L'eau constitue un élément essentiel puisque indispensable à la vie. L'eau potable ordinaire est une eau possédant des qualités physico-chimique, microbiologique qui la rendent apte à la consommation humaine.

L'eau distribuée à Fès provient des eaux de surface Oued Sebou et des forages. Ces eaux sont traitées par l'ONEE, ensuite acheminées dans des conduites jusqu'au réservoir de stockage de la RADEEF, qui est responsable de leurs distribution.

L'eau de distribution doit répondre aux exigences de qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni substance constituant un danger potentiel pour la santé des personnes ; Elle doit également être conforme à un ensemble de normes de potabilité.

Mon travail au cours de mon stage de fin d'étude à la Régie Autonome Intercommunale de Distribution d' Eau et d'Electricité de Fès (RADEEF), port sur l'analyse et le contrôle de qualité de l'eau du réservoir Bab Hamra.



I-Présentation de la RADEEF :

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.

La RADEEF a été créée par délibération du conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 avril et 29 août 1969 en vertu du Dahir n° 1.59.315 du 23 Juin 1960 relatif à l'Organisation communale, et ce après l'expiration du contrat de concession dont bénéficiait la Compagnie Fassiè d'Electricité (CFE) au titre de la distribution de l'énergie électrique

Actuellement, la RADEEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Sefrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnay, OuledTayeb.

1. Laboratoire de contrôle :

a. Ressources en eau :

L'alimentation en eau potable de la ville de Fès et des centres gérés par la régie et assurée à partir :

Une production RADEEF: forages et sources (24% de la production totale).

Une production ONEE : forages et eau d'Oued Sebou (76%).

La régie assure également l'alimentation en eau potable des villes et des centres suivant : Sefroubhalil, sidihrazem, skhinat, timgnay, bir tamtam et ras tbouda.

b. Objectifs :

- Assurer par le suivi de la qualité des eaux produites et distribués la conformité à la norme marocaine relative à la qualité des eaux.
- Prévenir la dégradation de la qualité des eaux et surveiller la bonne chloration.
- Assurer le contrôle de l'ensemble du réseau de distribution de l'eau potable.
- Assurer une prise de décision rapide en cas de danger.

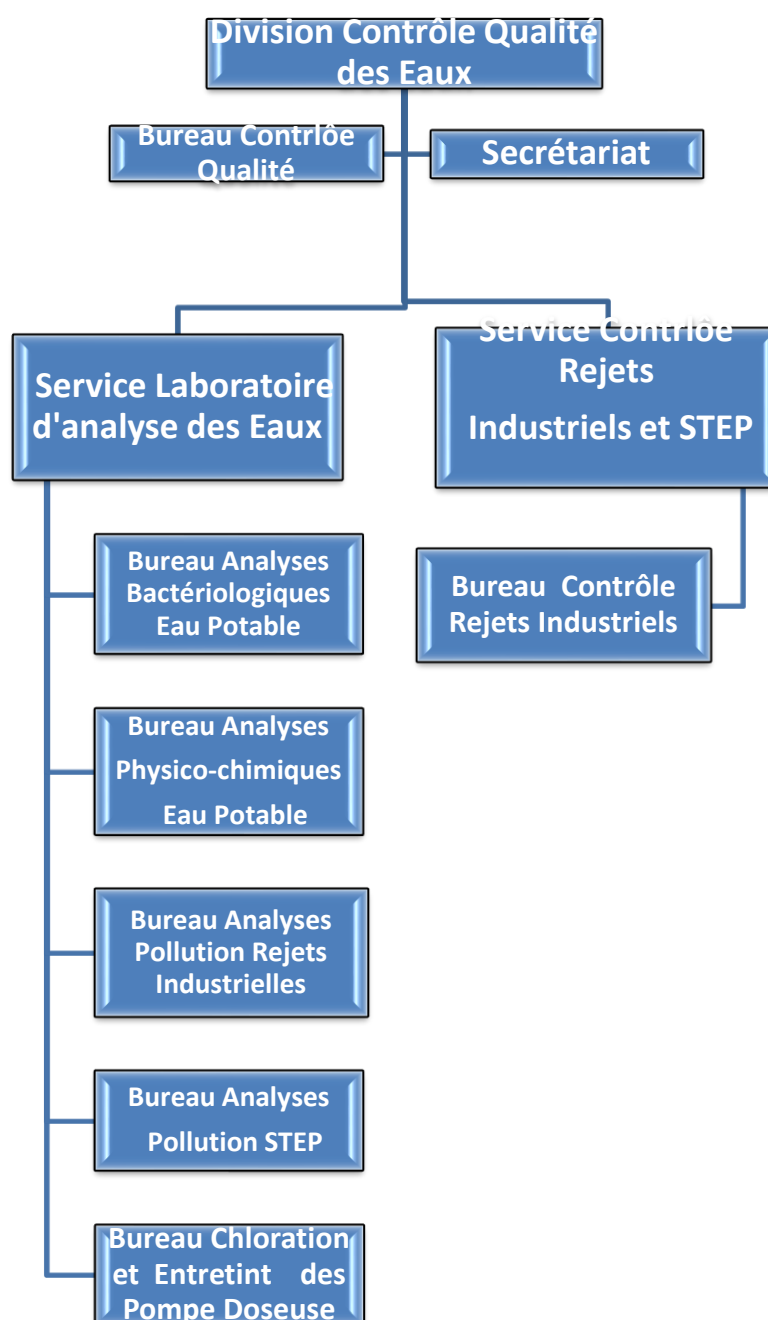
c. Activités :

- Le contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la ville de Fès et ses régions. Cette eau distribuée doit répondre aux normes de potabilités selon la norme marocaine et ceci en

effectuant des prélèvements des échantillons pour analyses physico-chimiques et bactériologiques.

- Le contrôle quotidien du chlore résiduel sur l'ensemble du réseau d'eau d'approvisionnement de la ville de Fès et ses régions.
- Le contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection des réservoirs et des conduites
- La réalisation des enquêtes sur la qualité de l'eau.

2. Organigramme du laboratoire :



3. Eau et ses différents types :

a. Cycle de l'eau :

L'eau se trouve sous trois états dans l'environnement : l'état solide (sous forme de glace), l'état liquide et l'état gazeux (sous forme de vapeur d'eau). Elle possède cette capacité d'état selon la température et la pression aux quelles elle est soumise.

Le cycle de l'eau est un modèle qui représente le parcours entre les grands réservoirs d'eau liquide, solide ou gazeux sur la Terre.

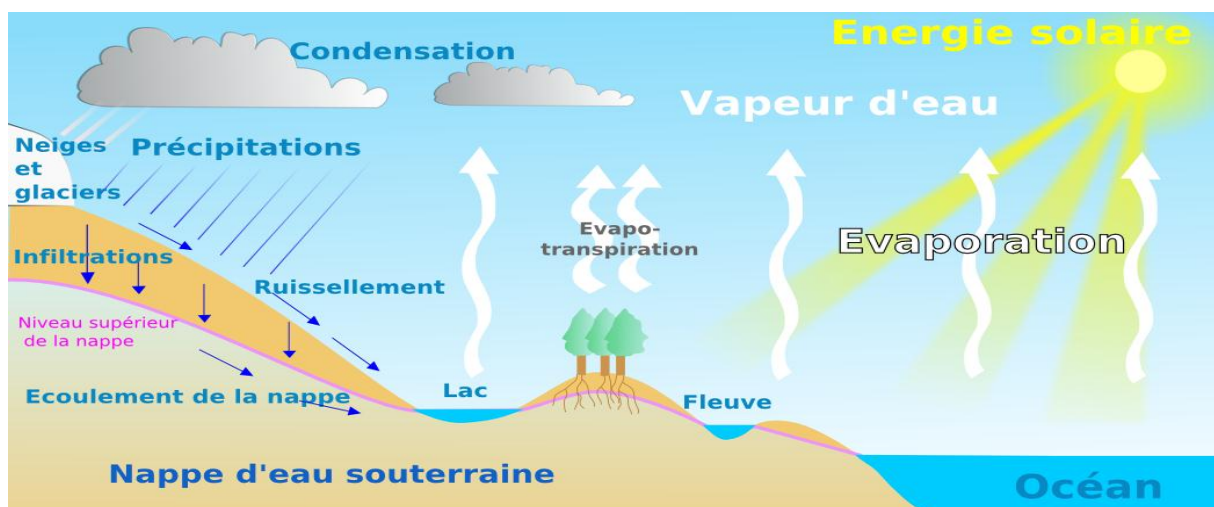


Figure 1 : le cycle naturel de l'eau

L'évaporation est le passage de l'eau de l'état liquide vers l'état gazeux.

La transpiration est le phénomène durant lequel l'eau est évacuée du corps d'un être vivant. On utilise parfois l'expression évapotranspiration pour parler à la fois de la vapeur d'eau obtenue par l'évaporation provenant des cours d'eau et de la transpiration provenant des êtres vivants.

La condensation est le phénomène durant lequel la vapeur d'eau (eau gazeuse) se transforme sous forme liquide pour former les nuages.

Les précipitations surviennent lorsque l'eau présente dans les nuages retourne au sol.

L'infiltration se produit lorsque l'eau pénètre dans le sol. La circulation souterraine est le déplacement de l'eau à l'intérieur du sol.

b. Différents types d'eau :

Eau souterraine :

Les eaux souterraines de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol .Celle-ci s'insinuent par gravité dans les pores, les microfissures et les fissures des roches, humidifiant des couches plus en plus profondes, jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elle s'accumule remplissant le moindre vide, saturant l'humidité le sous sol. Formant ainsi un réservoir appelé nappe (aquifère).

Eau de surface :

Les eaux de surface qualifient toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux de surface.

Cette eau de surface est naturellement alimentée par les précipitations et naturellement perdue par l'évaporation.

Ces eaux sont rarement potable, elles sont généralement polluées bactériologiquement elles peuvent présenter d'autre pollution d'origine urbaine, industrielle et agricole.

Eau de mer :

L'eau salée des mers et des océans de la terre, une source d'une eau brute qu'on n'utilise que lorsque il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer son caractérisées par leurs concentrations en sels dissous, principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium.

II- Traitement des eaux de surface (oued Sebou) :

Le traitement d'une eau brute après son captage dépend de sa qualité et de ses constituants, critères qui varient dans le temps. L'eau puisée dans l'environnement doit donc être analysée en continu avant de subir le traitement de potabilisation approprié.

L'eau subit plusieurs traitements avant d'être distribuée dans les circuits d'eau potable.

A. Prétraitement :

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs.

1. Dégrillage :

Le dégrillage, premier poste de traitement indispensable pour une eau de surface, permet :

- De protéger les ouvrages avals contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- De séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements suivants.

Cette opération est assurée par une grille métallique à commande automatique qui, par un mouvement de va et viens de bas vers le haut, permet l'élimination des matières volumineuses (tronc et branches d'arbre, herbes mortes, algues, etc.)



Figure 2 : Grille

2. Dessablage :

Cette opération est assurée par deux des sableurs sous forme de canaux rectangulaires permettant de débarrasser l'eau relevée du sable, de gravier et des particules de taille moyenne.



Figure 3 : Un sableur

3. Dégraissage –désuilage :

Il vise à éliminer la présence de graisses dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite.

4. Débourage :

Le débourage est une étape de séparation solide-liquide qui procède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées lorsque la décantation réactifs accomplissent leur fonction qu'est d'éliminer les boues décantées par des pompes qui les rejettent dans l'Oued en aval.

Le but de ce pré décantation est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute, d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées et de fournir à l'étape de décantation principale une eau de qualité acceptable.



Figure 4 : Débourbeur

Cette opération est assurée par trois débourbeurs de débits égaux, chacun d'eux est constitué d'une partie centrale tournante qui sert à mettre l'eau en mouvement afin que les réactifs accomplissent leur fonction qu'est d'éliminer les boues décantées par des pompes qui les rejettent dans l'Oued en aval.

B. Traitement :

Après les étapes du prétraitement des eaux de station d'Oued Sebou, vient la phase de traitement de l'eau brute qui présente encore une matière première, qui va être transformée élaborée, pour devenir conforme aux normes définies par la réglementation.

La station de traitement Ain Nokbi : assure le traitement des eaux reçus de la station de prétraitement et le contrôle de la qualité des eaux traitées dans le laboratoire régional.

Ouvrage d'arrivée d'eau brute :

Cet ouvrage permet de stocker l'eau brute de la station de prétraitement et de transformer son énergie cinétique en une énergie potentielle permettant la circulation de l'eau dans la station de traitement. Cette eau est répartie entre six décanteurs par l'intermédiaire d'un ouvrage appelé répartiteur.

A la sortie de cet ouvrage se fait l'injection du sulfate d'alumine, et le chlore, et le chlore de pré-chloration. Le traitement complet de l'eau brute comprend généralement 5 étapes :

1. Pré-chloration :

La pré-chloration (ou pré-oxydation) permet essentiellement la dégradation des matières organiques afin de faciliter les opérations qui suivent.

L'objectif de la pré-chloration est :

- L'oxydation des composés minéraux comme le fer, le manganèse ou l'ammoniaque.
- L'élimination des goûts et des odeurs et l'oxydation de la matière organique.
- L'inhibition de la croissance algale dans les ouvrages de clarification.
- L'amélioration de la coagulation; floculation.
- Le maintien des ouvrages en bon état.

NB : Cette pré-chloration n'est active que lorsqu'on s'assure de la présence d'une petite quantité de chlore résiduel dans l'eau décantée.

2. Coagulation-Floculation :

Dans un premier temps, la coagulation, par un ajout de sels métalliques (généralement de fer ou d'aluminium), permet de supprimer les répulsions inter-colloïdale : les cations métalliques (Al^{3+} et Fe^{3+}) se lient aux colloïdes et les neutralisent.

Les particules colloïdes peuvent se rencontrer. Dans un seconde temps, la floculation permet de s'attaquer au problème du faible diamètre des colloïdes. Le véritable souci est en fait la masse, qui ne permet pas une sédimentation naturelle et exploitable dans le cadre d'un traitement.

La solution exploitée par la floculation est de provoquer, grâce à l'ajout d'un floculon, une agglomération des particules colloïdes appelé floc dispose d'une masse suffisante pour pouvoir de décanté.

NB : Les doses de coagulants et floculant doivent être déterminés avec précision, si non le floc qui va être formé va se briser facilement (fragile) ce qui va altérer la qualité de l'eau produite.

3. Décantation :

La décantation est une phase très importante de traitement de l'eau pour récupérer tous ou une grande partie des floccs .Il existe de nombreux types de décanteurs, ceux utilisé à la station sont au nombre de six, chacun possède un débit à traiter de 900 m³/h

La décantation permet aux floccs de s'accumuler pour former de la boue qui devra être régulièrement extraite.



Figure 5 : Décanteurs

Plus de 95% des matières en suspension sont éliminées lors de cette étape. L'eau sera ensuite acheminée vers les filtres qui enlèveront les plus petites particules qui n'auront pas sédimenté ou décanté.

4. Filtration :

La filtration est un procédé de séparation solide/liquide consiste à faire passer l'eau à travers des matériaux poreux afin d'éliminer les matières en suspension restants.

Le but de la filtration est d'opérer à la séparation la plus complète possible entre l'eau et les fines particules n'ayant pu être récupérées par la décantation de la matière à obtenir une turbidité de l'eau inférieure à 5 NUT (Unité de turbidité néphélométrique).

Réservoirs de stockage :

Les eaux filtrées sont acheminées à travers des conduites vers trois réservoirs dont deux de capacité 7500m³ chacun et le troisième de capacité 30000m³.

5. Sterilisation :

A la fin du traitement, l'eau filtrée est stockée dans les réservoirs, il va être stérilisé par une chloration finale qui consiste une garantie supplémentaire pour sa probabilité.

Avant cette chloration il faut effectuer les dosages suivants:

a. *Degré chlorométrique :*

C'est la quantité de chlore actif présenté dans un litre d'eau de Javel.

***Principe :**

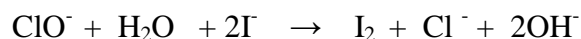
En milieu carbonaté (pH) et en présence d'hypochlorite KI se transforme en iodate lorsque tout le chlore est combiné, une goutte de KI en excès réagit sur l'iodate avec libération d'iode.

***Mode opératoire :**

- ✓ Diluer l'eau de javel concentré ;
- ✓ Introduire 10 ml de la solution diluer dans un erlenmeyer de 100 ml;
- ✓ Ajouter 3 g de bicarbonate de sodium (NaHCO₃) et 2 ml d'empois d'amidon;
- ✓ Titrer à l'aide de solution KI jusqu'à virage bleu;

Soit n le nombre de solution de KI versé.

Réaction de dosage :



***Expression des résultats :**

Degré chlorométrique = n * 1,12

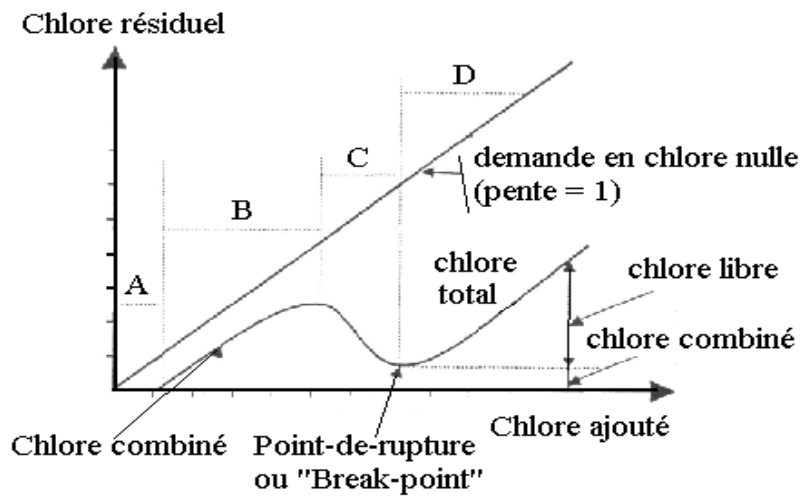
b. *Demande en chlore :*

La demande en chlore est la différence entre la quantité de chlore ajouté à l'eau /m³ et celle du chlore disponible.

La demande de chlore correspond à peu près à la dose dans la quelle le point de rupture est atteint, "Break point ". Cette méthode nous permet de désinfecter efficacement l'eau.

Le chlore résiduel, peut apparaitre sous forme de Cl₂, HClO et/ou ClO⁻, et il correspond à la somme de ces trois espèces.

Courbe représentant la teneur en chlore libre en fonction de la quantité de chlore ajoutée :



A : destruction du chlore par des composés organiques.

B : formation des chloramines.

C : destruction des chloramines.

D : chlore libre +traces de chlore combiné.

Le chlore résiduel libre doit être maintenu dans l'ordre de 1mg/l à la sortie du réservoir.

Le chlore résiduel en tant que désinfectant a les principaux avantages suivants :

- Une bonne efficacité pour tuer ou inactiver les bactéries
- Un effet bactériologique
- Une grande facilité d'utilisation

L'eau est prête et va être acheminée vers le réservoir de Bab El Hamra de la RADEEF.

La RADEEF en tant que distributeur fait subir aux eaux provenant de l'ONEE un contrôle sur la qualité de cette eau.

III-Analyse et contrôle de qualité de l'eau du réservoir Bab Hamra :

Les échantillons de l'eau qui sont reçus par le laboratoire de contrôle qualité d'eau (RADEEF) subissent plusieurs types d'analyses.

1. Analyses organoleptique :

a. *Gout :*

Le gout peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimiques communes perçus par les organes gustatifs lorsqu'ils sont en contact avec l'eau à tester.

*Principe :

L'eau examiner est diluée par une eau sans gout 'dite eau de référence ' jus qu'à ce qu'elle ne présente plus de gout perceptible.

b. *Odeur :*

L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçus par l'organe olfactif en flairant certaine substance volatile, la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances.

L'eau destiné a l'alimentation doit être inodore. En effet toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matière organique en décomposition, ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyses ordinaires. Le sens olfactif, peut seul, dans une certaine mesure, les détecter.

*Principe :

L'eau à examiner est diluée jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible.

c. *Couleur :*

La couleur réelle due aux substances en solution dans l'eau.

La couleur apparente due aux substances en suspension dans l'eau.

Les couleurs réelle et apparente sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

***Principe :**

L'eau examiner est diluée par une eau sans gout « dite eau de référence » jusqu'à ce qu'elle ne présente plus de gout perceptible.

Résultats :

Paramètres organoleptiques	Méthodes	Unité	Echantillon	VMA
Saveur	NM 03.7.017	****	1.2	3
Odeur	NM 03.7.018	****	0	3
Couleur réelle	NM 03.7.018	Pt mg/l	<5	20

Interprétations :

L'eau ne contient ni odeur, ni couleur, ni saveur, cela signifie qu'il n'y a pas des produits chimiques, ni matière organique, les résultats obtenus sont dans la norme donc l'eau est potable.

2. Analyses physiques :

a. Température :

***Définition :**

La température joue un rôle très important dans la détermination de type de rejets, de la solubilité des produits chimiques, en effet elle conditionne les équilibres chimiques de dissolution. Elle agit sur la conductivité électrique et le pH.

***Mode opératoire :**

La mesure de la température (T°C) doit être sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide du thermomètre.

***Expression des résultats :**

La température doit être comprise entre 20 et 25 °C.

b. Potentiel d'hydrogène :

***Définition :**

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est en fonction de l'activité des ions, il est en (H^+) présent dans la solution.

***Principe :**

Le principe de base de cette mesure est la détermination de l'activité des ions (H^+) en solution, en utilisant une électrode référence et une électrode d'hydrogène. En pratique on utilise généralement une électrode combinée.

***Mode opératoire :**

- ✓ Introduire l'électrode dans l'échantillon à examiner ;
- ✓ Lire le pH affiché sur l'écran du pH-mètre après stabilisation ;
- ✓ Rincer l'électrode à l'eau distillée après chaque mesure.



Figure 6 : pH-mètre

***Expression des résultats :**

Pour l'eau destinée à la consommation humaine le pH doit être compris entre 6,5 et 8,5.

c. Conductivité :

***Définition :**

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes métalliques, l'unité de la conductivité est le micro siemens par centimètre ($\mu\text{s}/\text{cm}$). La plus part des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions charger électriquement.

***Principe :**

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

***Mode opératoire :**

Mettre l'appareil en marche et prolonger l'électrode dans notre échantillon et lire la valeur directement sur l'appareil en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Les lectures se font à une température entre 20 et 25 °C.



Figure 7 : Conductimètre

***Expression des résultats :**

- 50 à 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ → qualité excellente.
- 400 à 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ → bonne qualité.
- 750 à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ → minéralisation moyenne.
- Supérieur à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ → minéralisation excessive.

Car la conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau.

d. Turbidité :

*** Définition :**

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées: Argile, Limons, Matière organique, etc.....

L'appréciation de l'abondance de ces matière mesure son degré de turbidité, celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace, il est recommandé d'effectuer la mesure de la turbidité aussi rapidement que possible après le prélèvement.

***Principe :**

On mesure la turbidité par la réflexion d'un rayon lumineux dans l'eau. Et par un test optique qui détermine la capacité de la réflexion de la lumière. Ça consiste à mesurer l'intensité de la lumière diffractée à 90° par rapport aux faisceaux lumineux incident, dans les mêmes conditions de longueurs d'onde, et d'angle entre le rayon incident et le rayon diffracté.

La turbidité est une méthode de mesure néphélométrique qui s'exprime en unité formazine FTU.

***Mode opératoire :**

- ✓ Mettre l'appareil en marche et calibrer avec la solution étalon ;
- ✓ Remplir le tube avec l'échantillon analysé ;
- ✓ Lire la valeur affichée sur l'appareil.



Figure 8 : Turbidimètre

***Expression des résultats :**

Il faut que la valeur de la turbidité doit être le minimum possible et généralement inférieur à 5 selon la norme.

Résultats :

Paramètres physiques	Méthodes	Unité	Echantillon	VMA
Température	NM 03.7.008	°C	21,1	Acceptable
Ph	NM 03.7.009	****	7,57	6,5 et 8 ,5
Conductivité	NM 03.7.001	µs/cm	1073	2700
Turbidité	NM 03.7.010	NTU	0.54	5

Interprétations :

D'après le tableau de résultat les valeurs trouvées révèlent que :

- La température est acceptable selon la norme.
- Le pH est dans les normes donc l'eau étudié est neutre.
- La valeur de la conductivité montre que cette eau est de minéralisation moyenne.
- Cette eau nous renseigne que le traitement est efficace.

3. Analyses chimiques :

a. dosage des chlorures (Méthode de Mohr) :

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium K_2CrO_4 , la fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge caractéristique du chromate d'argent (Ag_2CrO_4).

***Réactif :**

- Solution de chromate de potassium à 10%.
- Solution de nitrate d'argent N /10.

***Mode opératoire :**

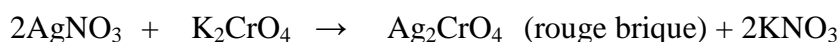
- ✓ Introduire 50ml d'eau à analyser dans une fiole conique ;
- ✓ Ajouter 2 à 3 gouttes de chromates de potassium ;
- ✓ Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rouge brique.

Réaction de dosage :

L'ion Cl^- présent dans l'échantillon forment un précipité d' AgCl (les ions Ag^+ sont issus d'une solution d' AgNO_3).



Lorsque le milieu est épuisé en Cl^- , les ions Ag^+ réagissent avec CrO_4^{2-} pour donner un complexe coloré (rouge brique) qui caractérise la formation de chromate d'argent qui nous indique le point d'équivalence, selon la réaction :



***Expression des résultats :**

Soit V la tombé de burette en ml de Nitrate d'Argent pour une prise d'essai 50 ml d'échantillon.

La teneur en chlorure = $V \times 10 \times 3.55 \times 2$ (en mg/l).

b. Dosage des nitrites (NO_2^-) :

Les nitrites (NO_2^-) représentent une forme oxygénée de l'azote .Cet anion est instable et s'insère dans le cycle de l'azote entre l'ion ammonium (NH_4^+) et l'ion nitrate (NO_3^-). On peut trouver des nitrites par défaut d'oxygène dissous dans le milieu.

La présence de nitrites d'origine naturelle est rare.

*** Principe :**

La diazotation de l' amino-4-benzène sulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphthyle-1) diamino -1,2 éthane donne un complexe coloré, susceptible d'un dosage colorimétrique.

*** Réactifs :**

Au cours de l'analyse, nous avons utilisé uniquement des réactifs de qualité analytique reconnus, et de l'eau distillée.

- Acide ortho phosphorique
- Réactif coloré :
 - * 40g d' amino-4benzene sulfonamide ;
 - * 100ml d'acide ortho phosphorique H_3PO_4 ;
 - * 500ml d'eau dans un bécher ;
 - * 2 g de dichlorure de N-(naphthyl-1) diamino -1.2éthane.

Transférer dans une fiole jaugée de 1000 ml et compléter avec de l'eau distillée.

*** Mode opératoire :**

- ✓ 40ml d'échantillon + 1 ml de réactif coloré ;
- ✓ Homogénéiser et laisser reposer au moins 20 min ;
- ✓ Mesurer l'absorbance de la solution à la longueur d'onde 540nm dans une cuve d'épaisseur appropriée, en utilisant l'eau distillé comme référence.



Figure 9 : *Spectrophotomètre*

***Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 40 ml la droite d'étalonnage donne directement la teneur en azote nitreux.

c. Dosage des nitrates NO_3^- (Méthode au salicylate de sodium) :

Ils proviennent de la minéralisation de la matière organique: engrais azotés, résidus animaux, eaux usées domestiques et stations d'épurations.

***Principe :**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates NO_3^- donnent de paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

***Réactif :**

- Salicylate de Na à 0,5% (renouveler chaque 24h).
- L'acide sulfurique H_2SO_4 concentré.
- La soude NaOH, tartrate double de sodium et de potassium.
- eau distillée.

***Mode opératoire :**

- ✓ 10ml d'échantillons +1ml salicylate de sodium à 0,5% ;
- ✓ Evaporer à sec 75 à 80°C et laisser refroidir ;
- ✓ Ajouter 2 ml H_2SO_4 ;
- ✓ Attendre 10 min ;
- ✓ Ajouter 15ml d'eau distillée et 15ml de tartrate double ;
- ✓ Coloration jaune ;
- ✓ Lecture au spectromètre à 415nm.

***Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 10ml la teneur en azote est exprimée en mg d'azote nitrique /l, et pour obtenir une teneur en nitrate NO_3^- on multiplie les résultats par 4,4.

d. Dosage d'ammonium NH_4^+ :

L'ammonium (NH_4^+) se trouve dans le processus de minéralisation de la matière organique.

L'azote organique est généralement une forme réduite de l'azote .Si cette forme n'est pas directement toxique, elle a une grande consommation d'oxygène et son excès peut conduire à l'anoxie des rivières.

C'est un bon indice de contamination organique et bactériologique.

***Principe :**

En milieu alcalin et en présence de nitroprusiate qui agit comme catalyseur, les ions NH_4^+ traités par une solution du chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique à 630nm.

*** Réactif :**

- Solution chlorée :
 - * Hydroxyde de sodium 2g ;
 - *Citrate tri sodique 38g ;
 - *Acide dichlorocyanurique 0,4g ;
 - *Eau distillée 100ml.
- Solution de nitroprusiate de Na et de phénol :
 - * Phénol 3,5g ;
 - *Nitroprusiate de sodium 0,04g ;
 - * eau distillée 100ml.

-Transvaser la solution dans un flacon brun.

***Mode opératoire :**

- ✓ 20ml d'échantillon ;
- ✓ +1ml de nitroprussiate de Na et de phénol ;
- ✓ +1ml de solution chloré.

-Agiter et placer l'eren à l'obscurité pendant 6 heures.

-Lecture au spectromètre à 630 nm.

***Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 20 ml, la droite d'étalonnage donne directement la teneur en ion NH_4^+ exprimé en mg/l.

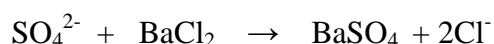
e. Dosage des sulfates :

Les ions sulfates sont indicateur de l'eau à traiter car leur présence est liée à la nature des terrains traversés, comme ils peuvent être un témoin de l'existence de rejets industriels.

Les concentrations supérieures à 250 mg/l provoquent des diarrhées chez l'enfant.

*** Principe :**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum(BaSO_4).



Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de TWEN 20.

*** Réactifs :**

- Solution d'acide chlorhydrique à 10%
- Agent stabilisant: solution TWEN20 à 25%
- Solution de chlorure de baryum stabilisé:
 - *Chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) 5g ;
 - *TWEN20 10 ml ;
 - * Eau distillé 50 ml.

***Mode opératoire :**

- ✓ 39 ml d'échantillon ;
- ✓ 1 ml d'acide chlorhydrique ;
- ✓ 5 ml de la solution de chlorure de baryum stabilisé (BaCl₂).

-Agiter énergétiquement et laisser reposer au moins 15min. Agiter à nouveau et faire la mesure comme lors de l'étalonnage.

***Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 39 ml la droite d'étalonnage donne directement la teneur en sulfates exprimée en milligrammes de SO₄⁻ par litre d'eau.

Résultats :

Paramètres chimiques	Méthode	Unité	Echantillons	VMA
Chlorures	NF iso 9297	mg /l cl ⁻	134,9	750
Nitrites	NM 03.7.012	mg /l NO ₂	<0.16	0.5
Nitrates	NM 03.7.014	mg/ l NO ₃	9 ,74	50
Ammonium	NM03.7.012	mg/ l NH ₄ ⁺	<0,03	0.5
Sulfates	NFT90.040	mg/ l SO ₄ ²⁻	71,65	400

Interprétations :

Les résultats nous montrent que toutes les valeurs obtenus sont acceptable parce que les concentrations des composés azotés, du sulfates et du chlorures sont faible donc il n y a pas de danger sur la santé humaine. Ces valeurs répond eut critère de potabilité selon la norme marocaine qui ne permet de déduire que l'eau de Bab Hamra est potable.

4. Les analyses bactériologiques :

La contamination de l'eau du robinet par les microorganismes constitue la principale cause de non-conformité des eaux distribuées. C'est pourquoi la qualité microbiologique de l'eau est très surveillée.

L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique.

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 évitant toute contamination accidentelle et correctement transportée au laboratoire d'analyses.

Les microorganismes recherchés :

a. coliformes :

Ce sont des micro-organismes aérobies et anaérobies facultatifs, non sporogones, en forme de bâtonnets, gram négatif, ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose avec production d'acide(ou aldéhyde).

Le milieu le plus utilisé est le Tergitol 7, l'incubation a lieu à $37^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pendant 48h.

Ils sont des indicateurs leur dénombrement permet de déceler le niveau de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable.

b. Escherichia coli :

La principale bactérie coliforme spécifiquement d'origine fécale est Escherichia Coli. Le milieu le plus utilisé est le Tergitol 7, l'incubation à $44^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pendant 24h conduit au dénombrement des coliformes thermo tolérants.

c. Entérocoque intestinaux :

Micro-organismes vivants dans les matières fécales. Ils sont plus résistants que les coliformes.

On les utilise comme indicateur de pollution en faisant le rapport entre le taux d'entérocoques et de coliformes qui permet de cerner si la pollution est d'origine humaine ou animale. Ce sont capables de se développer dans un milieu contenant de l'azide de sodium.

Le milieu le plus utilisé est la gélose de Slanetz, l'incubation a lieu à $37\text{ °C} \pm 0.5\text{ °C}$ pendant 48h.

d. Micro-organismes revivifiables :

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiables" permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle.

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

La méthode de référence pour l'analyse consiste en un dénombrement du nombre de germes par ml d'eau selon :

Germes totaux à 22 °C = comptage des colonies obtenues après incubation à 22 °C durant 72 heures,

Germes totaux à 37 °C = comptage des colonies obtenues après incubation à 37 °C durant 48 heures.

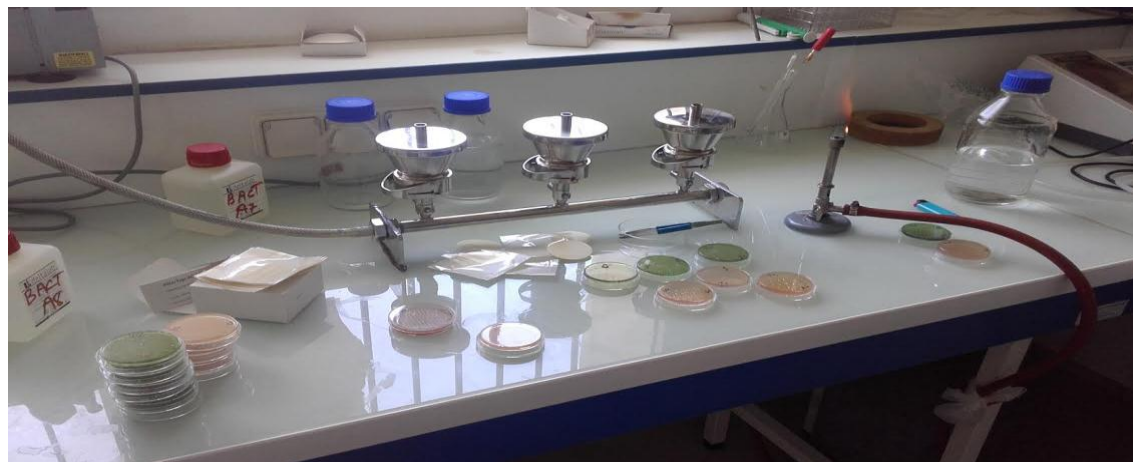
e. Spores micro-organismes anaérobies (clostridia) :

Les spores micro-organismes anaérobies sont largement répandues dans l'environnement. Elles sont présentes dans les matières fécales humaines et animales, ainsi que dans les eaux usées et le sol. A la différence des Escherichia coli et des autres organismes coliformes, les spores survivent dans l'eau pendant longtemps, car elles sont plus résistantes que les formes végétatives à l'action des facteurs physiques et chimiques.

Elles peuvent ainsi fournir des indications sur une pollution éloignée ou intermittente. Elles peuvent même être résistantes à la chloration dans les proportions habituellement utilisées pour les besoins des contrôles.

Les méthodes d'analyses :

Méthode filtration sur membrane :



➤ Analyses des coliformes et Escherichia Coli :

- Désinfecté le paillasse par l'alcool ;
- Désinfecter le fritté en acier inoxydable par flambage ;
- 100 ml d'eau à analyser est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose ;
- La membrane de coliforme est déposée sur le milieu gélosé Tergitol 7 TTC et d'Escherichia coli déposée sur le milieu nutritif Endo-C.

La boîte des coliformes, est incubée à 37°C pendant 48h.

La boîte des Escherichia Coli, est incubée à 44°C pendant 24h.

* Lecture des résultats :

Après incubation :

La boîte des coliformes si elle possède des colonies rouges avec un halo rouge, est considérée positive.

La boîte d'Escherichia coli, si elle possède des colonies jaunes avec halo jaune, est considérée positive.

➤ **Analyse des Entérocoques intestinaux :**

-le même protocole que les coliformes

- la membrane est déposée sur le milieu gélosé Slanetz. Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48h.

*Lecture des résultats :

Toutes les colonies présentant une couleur rouge, rose à marron sont Considérées positives.

➤ **Analyses des spores micro-organismes anaérobies :**

-100 ml d'eau à analyser est filtrée sur une membrane stérile.

-Déposer la membrane sur la boîte de pétri, face retournée sur la gélose, en évitant toute incorporation d'air.

-Placer la boîte préparée dans la jarre d'anaérobiose. Puis on l'incube à 37°C pendant 48h.

*Lecture des résultats :

Toute colonie noire considéré comme résultat positive d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.

 **Incorporation en gélose nutritive :**

➤ **Analyse des micro-organismes revivifiables 22°C et 37°C :**

-Liquéfier la gélose à 45-50°C.

- Introduire 1ml d'échantillon d'eau à analyser à l'intérieur des boîtes de pétri stérilisées puis on coule la gélose dans ces dernières et on les laissent se solidifier après une agitation.

- Incuber la boîte à 22°C pendant 72h et l'autre à 37°C pendant 24 h.

*Lecture des résultats :

Après incubation, le nombre de colonies se développent sur le milieu est compté. Nous utilisons un appareil appelé compteur de colonies.

Résultats :

	Méthode	Unité	Nombre de colonie trouvé	VMA
Coliforme	NM.03.7.003	UFC/100ml	0	0
Escherichia coli	NM.03.7.003	UFC/100ml	0	0
Entérocoques Intestinaux	NM.03.7.006	UFC/100ml	0	0
Micro-organismes revivifiables 22°C	NM.03.7.005	UFC/ml	0	100
Micro-organismes revivifiable 37°C	NM.03.7.005	UFC/ml	0	20
Spores micro-organismes anaérobies	NM.03.004	UFC/100ml	0	0

Interprétation :

D'après ces résultats, on constate que l'échantillon de l'eau de Bab Hamra ne contient aucunes bactéries. L'échantillon étudié répond donc aux critères de potabilité.

Conclusion :

Les différentes analyses du réservoir Bab Hamra nous ont permis de tirer que cette eau :

- *Ne contient ni odeur, ni couleur et sans saveur ;
- *Sa température est acceptable, elle est neutre, de minéralisation moyenne et son traitement est efficace;
- *Les concentrations des produits chimiques (chlorure, nitrate, nitrite, ammonium, sulfate) sont faibles dans cette eau;
- * Ne contient aucune bactérie.

Donc l'eau du réservoir Bab Hamra répond à la norme marocaine de la potabilité de l'eau par conséquent cette eau ne présente aucun danger pour le consommateur.