



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Licence Sciences et Techniques (LST)

Génie Chimique

PROJET DE FIN D'ETUDES

Les analyses physico-chimiques Et bactériologiques de La source Ain Boutaghaz

Présenté par :

- ALEHMAD Ahmed

Encadré par :

- Mr. Hammou SOUHA (FST-FES)
- Mr. MIMICH Khalid (RADEM)

Soutenu Le 07 Juin 2016 devant le jury composé de:

Mr. SOUHA Hammou (professeur FST-FES)

Mr. HARRACH Ahmed (professeur FST-FES)

Mr. SAFFAJ Taoufiq (professeur FST-FES)

Stage effectué à RADEM



Année Universitaire 2016 / 2017

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES

B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES

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

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

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

وَجْعَلْنَا مِنْ رَحْمَتِكَ يَا اَرْحَمَ الرَّحِیْمِ

صدق اللّٰهُ العظِیْم

Remerciements

Après **Allah** le tout puissant qui a éclairci notre voie par le savoir, et qui nous a guidés vers le bon chemin, je tiens à remercier :

En premier lieu, mes **parents** qui m'ont soutenu moralement et matériellement tout au long de ma vie. J'espère avant tout que je serai toujours votre fierté et à vos attentes. Qu'Allah vous bénisse.

Mon valeureux encadrant **Mr. MIMICH Khalid** chef de service contrôle de la qualité de la société **RADEM** de m'avoir donné l'occasion de réaliser ce stage dans son département au sein de son équipe, et qui m'ont offert toutes les explications et les réponses à mes questions, pour leurs conseils fructueux, leurs directives et leurs encouragements

Mes sincères gratitude s'adressent à **Mme. LIMOURI Amina, Mme. HOURRI Khadija et Mme. LAGHRISSI Zineb** techniciens de ce laboratoire qui m'ont aidé à apercevoir les analyses effectuées et mettre en pratique mes connaissances théoriques, et aussi lors de la sortie de l'échantillonnage, pour leurs patiences et leurs gentillesse, leurs compréhensions et leurs clarifications permettant la mise au point de ce travail.

Je remercie **Mr. Hammou SOUHA**, mon professeur et mon encadrant à la FST, pour son aide, son soutien et sa disponibilité, ainsi pour ces encouragements et à tous les professeurs du département de chimie et ceux de la filière **Génie Chimique** à la faculté des sciences et techniques de Fès pour leurs enseignements durant ces trois années d'étude et de travail acharné.

Enfin, à toutes les personnes qui ont contribué et collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Table des Matières

Introduction Généralités sur l'entreprise.....	1
1. Historique.....	2
2. Organigramme	2
3. Fiche technique RADEM.....	3
Présentation de la source AIN Boutaghaz.....	4
Partie théorique	5
1. L'eau et ses différents types :	6
a) Eau souterraine :	6
b) Eau de surface :	6
c) Eau de mer :	6
2. Le cycle domestique de l'eau :	7
Partie expérimentale.....	8
Chapitre I : Les analyses réalisées.....	9
i. Prélèvement des échantillons :	9
ii. 2. Les analyses physico-chimiques :	9
a. Les analyses physiques :	10
1. La température :	10
2. Le potentiel hydrogène pH :	11
3. La turbidité :	12
4. La conductivité :	12
b. Les analyses chimiques :	13
1. Titre alcalimétrique.....	14
2. Dosage du titre alcalimétrique complet :	15
3. Titre hydrométrique	16
I. Dosage de calcium Ca^{2+}	16
II. le calcul de magnésium Mg^{2+}	16
4. Dosage de matière organique oxydable par $KmnO_4$ en milieu acide.....	17
5. Dosage des chlorures	18
6. Mesure d'ammonium NH_4^+	19
7. Utilisation de photomètre multi-paramètre.....	20
a) Mesure des nitrites NO_2^-	20
b) Mesure des nitrates NO_3^-	20
c) Mesure de Fer.....	20
8. Résultats des analyses.....	21

Les analyses bactériologiques :	22
a) Stérilisation du matériel :	22
b) Les milieux de cultures :	22
c) Les bactéries recherchées :	22
d) Les méthodes employées en analyses bactériologiques :	22
Résultats et interprétations	24
CONCLUSION	25

Liste des abréviations

°C : degré Celsius

Cm : centimètre

EDTA : acide éthylène diamine tétra acétique

h : heure

Km : Kilomètre

L : litre

m : mètre

méq : nombre de milliéquivalents d'un ion

mg : milligramme

min : minute

ml : millilitre

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

µm : micromètre

mV : millivolt

m³ : mètre cube

N : Azote

NM : Norme Marocaine

nm : nanomètre

MS : Matière Sèche

pH : potentiel Redox

s : second

T° : température

TSA : gélose Trypto-caséine soja

VMA : Valeur Maximale Admissible

µg : micro gramme

µS : micro Siemens

Introduction

L'eau est un élément essentiel à la vie, non seulement pour l'être humain mais aussi pour tous les types de plantes et d'animaux. Il ne doit pas être un bien marchand mais un patrimoine commun qu'il convient de défendre et protéger pour l'intérêt de tous.

La demande en eau dans le milieu urbain a connu un accroissement important suite à un ensemble de facteurs comme la croissance démographique, le développement économique et la sécheresse qu'a connue le Maroc dans les années précédentes.

L'eau peut toutefois présenter plusieurs dangers sur la santé des vivants, à cause des produits toxiques et des bactéries pathogènes qu'elle peut contenir si elle n'a pas été traitée correctement.

Ce stage d'une durée de 41 jours effectué au sein de la RADEM constitue une activité pédagogique importante qui contribue à notre professionnalisation dans le secteur de la chimie ; il a comme objectif de :

- Se familiariser avec les principaux aspects de la vie de l'entreprise : relations humaines, contraintes industrielles et commerciales... etc.
- Compléter la formation en utilisant les méthodes de travail et les connaissances acquises au cours de la formation appliquées sur terrain.
- Observer et comprendre les procédés de traitement et les différentes techniques d'analyses et de qualité des eaux destinés à la consommation humaine

Mon sujet alors est porté sur l'analyse d'eau de la source AIN BOUTAGHZAZ avant chloration avec la déduction de la possibilité de sa consommation, pour cela nous avons réalisé :

- Des analyses physico-chimiques de la source.
- Des analyses bactériologiques.

Partie Théorique

Présentation de la société R.A.D.E.M :

1. Historique de la R.A.D.E.M :

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.

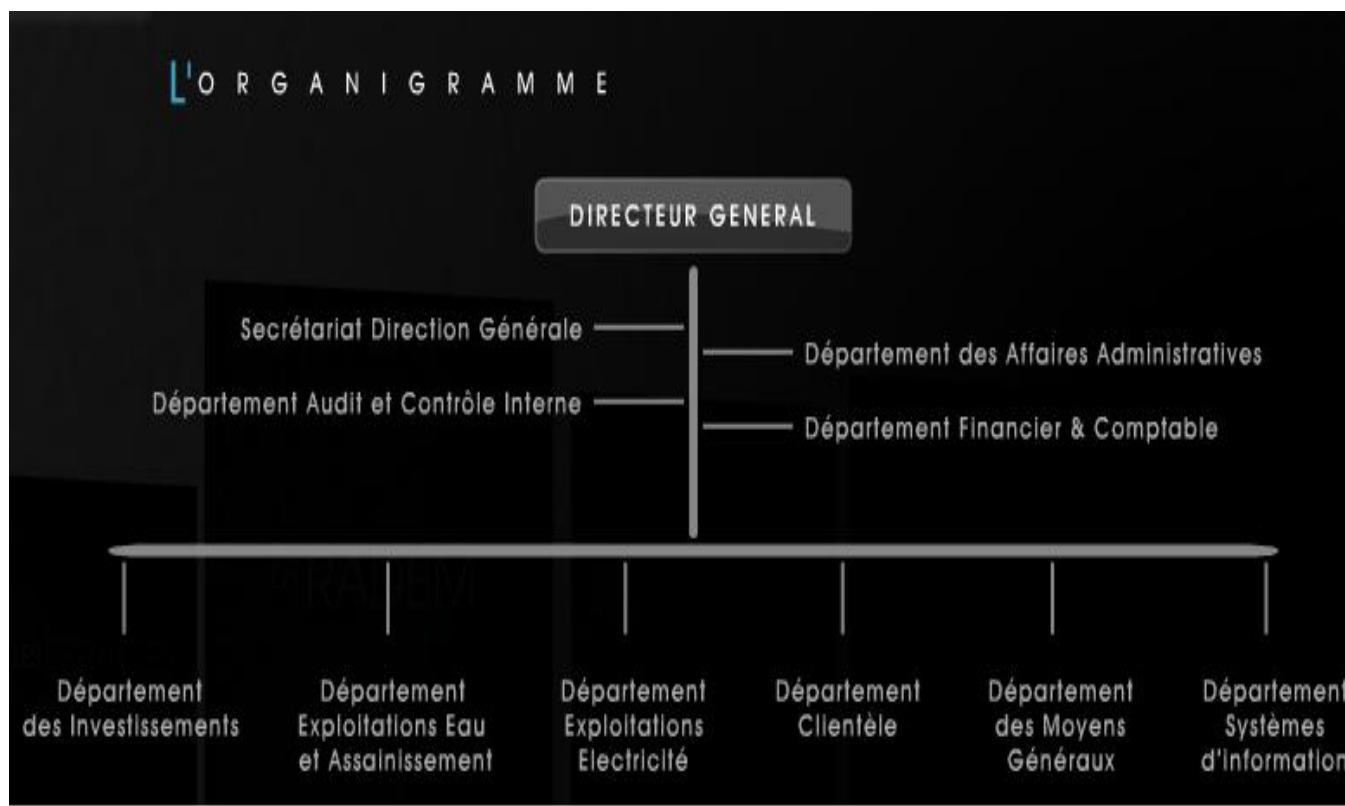
Ainsi, la RADEM effectue les analyses dans son propre laboratoire et par ses propres moyens, sur l'ensemble du périmètre de distribution, et le fait exécuter aussi par le biais d'un laboratoire extérieur.

La régie procède aussi au nettoyage périodique afin de 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.

2. Organigramme :

La RADEEM est composée de différents départements :



3. Fiche technique de la RADEM :

- ❖ Siège social : 78, boulevard des F.a.r. 5000 Meknès.
- ❖ Année de création : 1970
- ❖ Statut juridique : Régie d'un service public
- ❖ Capital : 483 255 071 MAD
- ❖ Nature de l'établissement : siège
- ❖ Fax : +212 5 35 52 28 22
- ❖ Site web : <http://www.radem.ma>

4. Les activités du laboratoire de la RADEM :

- ✓ Le contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la ville de Meknès. Cette eau distribuée doit répondre aux normes de potabilité selon la norme marocaine et ceci en effectuant des prélèvements des échantillons pour analyses physico-chimique et bactériologique.
- ✓ Le contrôle quotidien du chlore résiduel sur l'ensemble du réseau d'eau d'approvisionnement de la ville de Meknès .

- ✓ La réalisation des enquêtes sur la qualité de l'eau lors des réclamations.
- ✓ La désinfection de toutes les conduites nouvellement installées afin de garantir une bonne hygiène et respecter les normes internationales en ce sens

5. Présentation de la source AIN BOUTAGHZAZ :



Nichée au pied du Moyen Atlas, perchée à une altitude de 1045m, la ville d'El Hajeb est un véritable réservoir d'eau. Partout il y a des sources qui jaillissent de la terre la plus ancienne est celle qui se trouvent au milieu de la ville ancienne elle-même : Ain Boutaghazaz sort du pied de la montagne, près d'un jardin qui était autrefois le seul cimetière des habitants d'El Hajeb, Boutaghazaz désigne le fruit des arbres qui poussent à côté de la source. L'eau de cette source irrigue les champs qui se trouvent en bas de la ville.

6. L'eau et ses différents types :

Les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées :

- Des eaux souterraines (infiltrations, nappes),
- Des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs et rivières),
- Des eaux de mer.

- **Eau souterraine :**

Elle répond aux normes de potabilité. Ces eaux sont en effet moins sensibles aux pollutions accidentelles. Mais peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage.

Donc Les eaux souterraines doivent être traitées avant distribution tout fois que la concentration des éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur.

Parmi les caractéristiques de ces eaux :

- ❖ Une faible turbidité,
- ❖ Une température et une composition chimique constante ,
- ❖ Une absence presque générale d'oxygène.

- **Eau de surface :**

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents Sans traitement, les eaux de surface sont rarement potables. Elles sont généralement polluées bactériologiquement. De plus, elles peuvent présenter d'autres pollutions :

- ❖ D'origine urbaine : les rejets provenant de la collecte des E.R.U (métabolisme de l'homme, confort domestique)
- ❖ D'origine industrielle : polluants et micropolluants organiques ou inorganiques.
- ❖ D'origine agricole : engrais et produits pesticides et herbicides entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement.

- **Eau de mer :**

L'eau des mers et des océans est salée, elle n'est pas potable, et en général ne doit pas être consommée par les êtres humains.

7. Le cycle domestique de l'eau :

Dès le XIXe siècle, l'homme a élaboré un système pour capter l'eau, la traiter si nécessaire afin de la rendre potable et pouvoir en disposer à volonté dans son domicile, en ouvrant simplement son robinet.

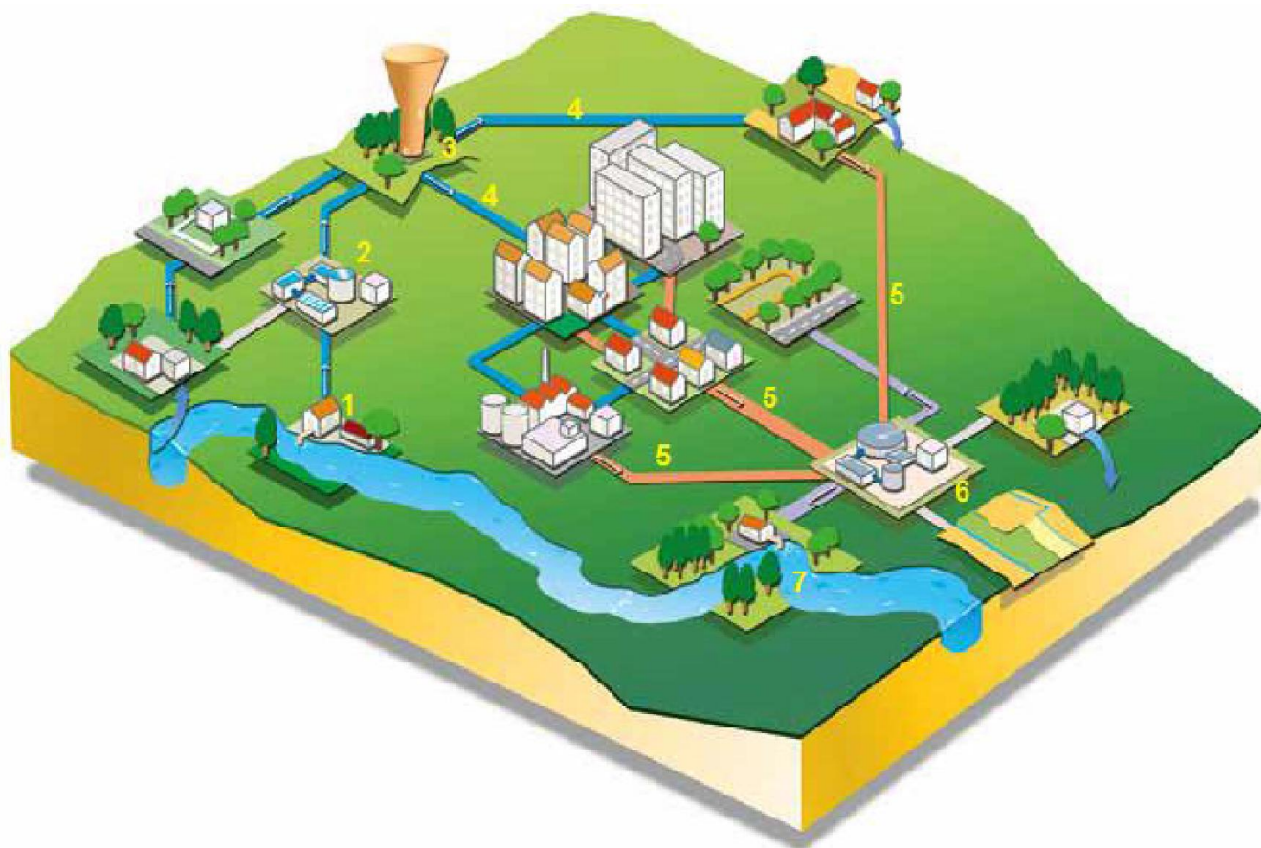


Figure 5: Cycle domestique de l'eau

1. Captage d'eau
2. Station de traitement
3. Stockage en réservoirs et château d'eau
4. réseaux de distribution des eaux
5. Réseau de collecte des eaux usées (égouts)
6. Station d'épuration
7. Rejet en rivières et mers

1. Captage d'eau :

Un captage d'eau potable est une installation de pompage ou de prélèvement passif d'eau potable issue d'une source naturelle, d'un puits artésien, d'un cours d'eau, du lac d'un barrage, ou bien sûr d'une nappe phréatique (aquifère).

Quand on parle de point de captage d'eau on désigne souvent toute la zone où cette eau est captée et pas seulement le « point de captage » en lui-même.

NB : La protection des zones de captage est régie par des règles logiques communes : il s'agit notamment de faire en sorte que les agriculteurs respectent certaines obligations dans ces zones : maintien de toute la surface en herbe, interdiction de fertiliser, interdiction de traiter à l'aide de phytosanitaires (désherbage mécanique autorisé), interdiction de drainer...

2. Station de traitement des eaux potables :

La filière classique de traitement, quelle que soit l'origine de l'eau, est constituée d'une désinfection (étape obligatoire) précédée au plus par trois types de traitement selon le schéma suivant :



Figure 6: étapes classiques du traitement de l'eau potable

➤ Le pré-traitement :

✚ Le dégrillage et le tamisage : (réservés aux eaux de surface)

Ce sont des procédés physiques. Les gros déchets sont retenus par une simple grille, les plus fins dans des tamis à mailles fines.

✚ La pré-oxydation :

C'est un procédé chimique qui utilise le chlore, l'ozone, le dioxyde de chlore ou le permanganate de potassium. Il est destiné à permettre l'élimination du fer et du manganèse (notamment pour les eaux souterraines), de la couleur et des algues (essentiellement pour les eaux superficielles).

➤ La clarification :

C'est une étape indispensable pour les eaux de surface et les eaux souterraines karstiques.

Elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination des matières en suspension, et donc de la turbidité.

La clarification peut combiner les procédés suivants :

✚ **Coagulation / floculation :**

C'est un procédé physico-chimique qui a pour but de déstabiliser les matières colloïdales. L'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération de ces particules en suspension en agrégats floconneux. Les réactifs utilisés sont généralement des sels de fer ou d'aluminium. Sous l'effet de son propre poids, le floc se dépose lentement.

✚ **Décantation :**

C'est un procédé physique intervenant après la coagulation-floculation. L'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les flocons se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface.

✚ **Filtration :**

La filtration permet de retenir les matières en suspension qui n'ont pas été piégées lors des étapes précédentes ou qui ont été formées lors de la pré-oxydation. Elle est réalisée sur matériaux classiques (sable) ou sur membranes (cas des eaux souterraines karstiques). La plus répandue est la filtration sur lit de sable (lit filtrant) : une couche de sable retient les particules et laisse passer l'eau filtrée.

➤ **L'affinage :**

Les traitements d'affinage de l'eau font intervenir des procédés d'ozonation, de filtration sur charbon actif ou de filtration sur membranes. Ils ont pour effet l'oxydation et la biodégradation des matières organiques et l'élimination ou l'absorption de certains micropolluants. En outre, ils améliorent les qualités organoleptiques de l'eau.

➤ **La désinfection :**

Cette **étape**, commune à tous les traitements, est **la plus importante**. Elle a pour but de neutraliser tous les virus et bactéries pathogènes. Elle n'est efficace que si l'eau a été préalablement bien traitée, notamment dans le cas des eaux de surface. Bien que les eaux souterraines soient souvent naturellement exemptes de microorganismes, la désinfection prévient le risque d'une contamination par infiltration dans la ressource et dans le réseau.

Elle peut être effectuée :

- **Par des procédés chimiques** : oxydation chimique avec des agents chlorés (chlore gazeux, eau de Javel, bioxyde de chlore) et ozone, ou rayonnements ultraviolets.
- **Par des procédés physiques** : comme la filtration sur membranes.

3. Stockage en réservoirs et châteaux d'eau :

Un château d'eau est une construction destinée à entreposer l'eau, et placée en général sur un sommet géographique pour permettre de la distribuer sous pression.

L'entreposage de l'eau dans un réservoir joue un rôle de tampon entre le débit demandé par les abonnés et le débit fourni par la station de pompage. Il permet ainsi d'éviter de démarrer trop souvent les pompes et de les protéger.

La pression de l'eau qui est fournie au robinet des abonnés est proportionnelle au dénivelé qui existe entre le niveau d'eau dans le château d'eau et l'habitation : 10 m de dénivelé équivalent à 1 bar de pression, 20 m à 2 bars de pression, etc...

NB : Les tuyaux, après des dizaines d'année d'utilisation, s'oxydent et le dépôt du chlore et javel empêche l'écoulement normal de l'eau ; Donc un nettoyage est nécessaire.

4. Distribution des eaux :

L'objectif prioritaire visé de la **RADEM** est de garantir un développement coordonné et harmonieux des réseaux d'eau potable sur l'ensemble du territoire de la ville de Meknès.

NB : C'est entre le stockage et la distribution que les contrôles qualité des eaux destinées à la consommation doivent être effectués.

Chapitre II : Les analyses réalisées par le laboratoire de la R.A.D.E.M :

1) L'échantillonnage / Prélèvements :

Les prélèvements des échantillons d'eau se font conformément aux instructions d'échantillonnage et de manipulations indiquées dans la Norme Marocaine NM 03.7.002.

La méthode du prélèvement varie selon le type d'analyse.

NB : la fréquence des prélèvements varie selon le nombre de la population sujet

Il y a deux types de prélèvement :

✚ Les prélèvements réalisés pour effectuer les analyses bactériologiques :

- Utilisation des flacons stériles ;
- Flamber le robinet pendant au moins une minute ;
- Ouvrir le robinet et laisser couler 3 à 4minutes
- Remplir le flacon jusqu'au bout sans le toucher avec le robinet ;

- Fermer le flacon rapidement et soigneusement puis mettre une étiquette en identifiant le nom de la source et la date du prélèvement ;
- Une conservation à une température de 4°C à l'obscurité suffisant dans la plupart des cas à préserver l'échantillon pendant une période relativement brève avant analyse.
 - ✓ Parallèlement au prélèvement, une mesure de la température est effectuée ainsi qu'une mesure de la concentration en chlore résiduel grâce à la méthode **DPD1**, où on additionne la diéthyl-p-phénylene diamine à l'eau contenant du chlore résiduel provoquant une coloration rose.

✚ Les prélèvements réalisés pour effectuer les analyses physico-chimiques :

- On utilise des flacons en plastique, on ouvre le robinet, et après 3min, on lave les flacons 3 fois par l'eau de robinet ;
- On remplit les flacons jusqu'au bout ;
- On les conserve à une température de 4°C.

2) Analyses physico-chimiques :

Selon la norme marocaine NM 03.7.002, ces analyses sont de 3 types :

a) Type I / analyses courantes : (Les analyses physiques)

Concernant la mesure de la Température, le pH, la Turbidité et la Conductivité.

❖ Mesure de la Température :

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité et pH notamment). La température influence directement la réaction de dissolution de l'oxygène dans l'eau c'est-à-dire plus l'eau est froide plus la dissolution est importante. Or l'oxygène, aussi bien pour les organismes terrestres et aquatiques. Ainsi la température de l'eau fournit des indications importantes sur la santé du milieu aquatique.

Mode opératoire :

Cette mesure doit être faite sur place, on utilise un thermomètre. Dans notre cas on prélèvera l'eau dans un seau de 5 à 10 litres de capacité et on y plongera immédiatement (l'eau se réchauffe très vite dans un seau l'été) le thermomètre soigneusement étalonné. On procédera à la lecture de la température, dès que la stabilisation est observée, en laissant la sonde dans l'eau.

❖ Mesure du pH :



Le pH (potentiel hydrogène) d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline et il est en fonction de l'activité des ions hydrogène H^+ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles, cette activité est due à divers facteurs en particuliers à l'ionisation de l'activité carbonique et de ses sels.

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

Mode opératoire :

On lave l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure, puis on met l'eau à analyser dans un bêcher, ensuite on immerge l'électrode du pH-mètre dans l'eau jusqu'à ce qu'elle soit trompée, et à la fin on lit la valeur affichée sur l'écran après stabilisation.

NB : il est nécessaire de procéder à un étalonnage à l'aide de la solution tampon pH connu

❖ La turbidité :



La turbidité est un paramètre organoleptique et une expression des propriétés optiques d'une eau à absorber ou /et à diffuser de la lumière. Elle est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons grains de silices, substances organiques colorées, plancton, microorganismes, etc...

Elle est exprimée en **NTU**

Mode opératoire :

On remplit les cuves de mesure avec l'eau à analyser bien homogénéisé jusqu'à trait, ensuite on l'introduit dans le turbidimètre et on lit la turbidité affichée.

NB : il faut nettoyer la cuvette avant l'introduire dans le turbidimètre et il faut s'assurer de l'absence de bulles d'air avant la mesure.

❖ Mesure de Conductivité :



La conductivité d'une solution est son aptitude à permettre le passage du courant électrique. La conductivité est l'inverse de la résistivité, elle est proportionnelle à la concentration en minéraux dissous ionisée. Elle dépend d'un certain nombre de facteurs comme la température et le pH. Elle est mesurée par le conductimètre, il est équipé d'un dispositif de compensation de température, automatique (à l'aide d'une sonde de température) de façon à ramener la lecture de la conductivité à 20°C.

Elle est exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Mode opératoire :

Avant d'effectuer la mesure de conductivité, la sonde (propre) doit être rincée à plusieurs reprises avec de l'eau déminéralisée puis deux fois au moins avec l'eau à examiner. on verse un échantillon de l'eau à tester dans un récipient adéquat, ensuite on plonge l'électrode dans l'échantillon d'eau on brassant l'eau avec l'électrode pour homogénéiser et à la fin on lit la valeur de la conductivité affichée après sa stabilisation.

NB : Il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas de bulles de gaz emprisonnées dans la sonde, notamment en contact avec les électrodes.

b) Type II / analyses de surveillance : (les analyses chimiques)

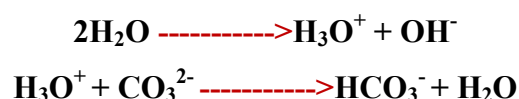
❖ Titre alcalimétrique TA :

➤ 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 sont:



➤ 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.

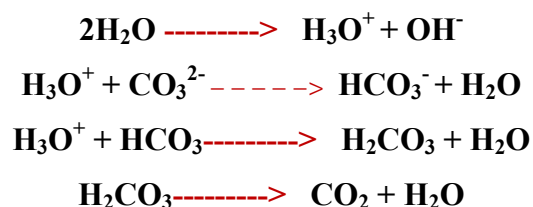
❖ Titre alcalimétrique complet :

➤ 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 HCO_3^- (aq) et carbonate CO_3^{2-} (aq).

Les réactions mises en jeu sont:



➤ 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.

❖ Titre hydrométrique :

➤ Principe :

La mesure du titre hydrométrique d'une eau correspond à la quantité de calcium Ca^{2+} et de magnésium Mg^{2+} présents dans cette eau ; c'est la dureté de l'eau.

Elle est mesurée par dosage volumétrique. Une eau douce est plus sensible aux phénomènes biologique et chimique susceptibles de modifier son pH. De plus une eau dure est responsable du dépôt de calcaire dans les canalisations et les dispositifs industriels et ménagers lors de l'utilisation d'eau chaude. Une eau douce assure une meilleure solubilisation des métaux lourds toxiques.

Tableau 1: les différentes valeurs de la dureté d'eau

Caractéristique de l'eau analysée	Dureté en °F (10mg /L CaO_3)
Très douce	TH<3
Douce	3<TH<15
Moyennement dure	15<TH <30
Très dure	TH> 30

➤ 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 température inférieure à 50 °C pendant 5min et on ajoute 10 Gouttes de **Noir d'Erichrome** puis on fait le titrage par le **complexions III(EDTA)** jusqu'à obtention d'un virage de couleur et on note le volume de **complexions III** ajouté.

Avec :

$$\text{TH} = \text{V}_{\text{éq}} * 2$$

V_{éq} : le volume de complexions

2 : coefficient

✓ Dosage des ions de calcium (Ca^{2+}) et des ions de magnésium (Mg^{2+}):

Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'éthylène diamine tétra acétique (EDTA). Le Muraxide 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 Muraxide à ce stade on aura une coloration rouge et on titre par la **complexion III** jusqu'à la apparition d'une couleur de teinte bleu.

➤ **Expression de résultats :**

$$[\text{Ca}^{2+}] = 1000 \cdot V \cdot 0.8016 / V_e$$

Avec : V: volume de complexion III

V_e: volume d'eau

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 :

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

❖ **Dosage de matière organique oxydable par KMnO₄ en milieu acide :**

➤ **Principe :**

L'oxydation chimique des matières organique et des substances oxydables est effectuée par le permanganate de potassium à chaude ou à froid. Suivant l'acidité du milieu et la température, l'oxydation est plus moins énergique. Cette analyse a pour but de tester la présence de matières organique.

➤ **Mode opératoire :**

- Dans un ballon rodé, introduire 100mL d'eau à analyser.
- Ajouter 2mL d'acide sulfurique et 10mL de KMnO₄ (N/100).
- Placer le ballon dans un bain mairé porté à ébullition douce pendant 13min. retiré le ballon du bain marie et ajouter 10mL d'oxalate de sodium Na₂C₂O₄ (N/100).
- Le liquide doit se décolorer rapidement et complètement. Titrer ensuite en retour par KMnO₄ (N/100) jusqu'à apparition d'une faible teinte rose.

NB : comme la solution n'est pas stable à cette concentration (N/100) il faut la titrer au début de chaque série d'opération.

Pour cela dans la solution précédent encore chaude (T° pas inférieur à 80°C), on verse à nouveau 10ml de Na₂C₂O₄ (N/100) et l'on titre comme précédemment KMnO₄ (N/100). Jusqu'à apparition d'une faible teinte rose.

➤ **Expression de résultats :**

La formule pour le calcul de permanganate consommé par litre est donnée par:

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

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 (titrage de 10ml de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$).

❖ **Dosage des chlorures :**

➤ **Définition :**

Les chlorures sont présents dans l'eau en grande quantité. La teneur en chlorure (Cl^-) d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse.

➤ **Principe :**

Dans cette méthode l'ion chlore est titré au nitrate mercurique. Le milieu doit être ajusté au préalable au pH convenable (3.6).

Il se forme du chlorure mercurique peu dissocié. Il n'y a cependant pas de précipitation. Au point final l'excès d'ions mercuriques produit une coloration violette avec un indicateur à la diphénylcarbazonne.

On ajoute de bleu de bromothymol à l'indicateur pour faciliter l'ajustement du pH. Il augmente aussi l'acuité du changement de couleur au point final en masquant avec sa couleur jaune à teinte pâle que prend la diphénylcarbazonne pendant la titration.

➤ **METHODE DE DOSAGE :**

Dans 100ml de l'échantillon on ajoute 10 gouttes de l'indicateur diphénylcarbazonne puis de l'acide nitrique (N/50) goutte à goutte jusqu'à ce que la teinte soit jaune franc (pH environ 3.6). On ajoute alors à ce moment là, environ 5 gouttes d'acide nitrique HNO_3 (N/5).

On laisse la solution couler et on titre avec le nitrate mercurique jusqu'au premier virage au violet. Le virage n'est pas instantané. La coloration passe d'abord par une teinte intermédiaire grise orangée.

Dés ce moment on ajoute le nitrate mercurique goutte à goutte en agitant rigoureusement. Jusqu'à la parution du point du virage

➤ **Expression des résultats :**

La teneur de la prise d'essai en chlorure exprimée en milligrammes est donnée par la relation :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{V * 3.55 * 1000}{V_e}$$

Avec : **V** : la tombée de la burette de Nitrate mercurique.

V_e : le volume d'échantillon.

❖ **Mesure d'ammonium :**



➤ **Définition :**

La présence d'ammonium indique généralement une pollution d'origine organique. Une eau superficielle peut présenter des teneurs assez élevées en ammonium et en nitrites.

➤ **Principe :**

On détermine la teneur d'ammonium dans l'eau à analyser par **Le comparateur** où on additionne 2 pastilles Ammonia NO.1 et Ammonia NO.2 à l'eau contenant de l'ammoniac provoquant une coloration orange qu'on compare avec comparateur à disque coloré avec l'œil humain.

On peut conclure la valeur de l'ammoniac résiduelle par l'intensité de la couleur orange qui apparaît.

❖ Utilisation de photomètre multi-paramètre :



Il incluant 36 méthodes d'analyse préprogrammées, il affiche des messages en texte clair assurant à l'utilisateur fluidité de mesure et absence d'erreurs.

Un menu d'aide contextuelle et un menu tutorial sont disponibles à chaque phase de l'analyse pour aider l'utilisateur d'effectuer les mesures rapidement.

➤ Mode Opérateur :

On choisit le numéro de l'élément qu'on veut mesurer. Puis on lave les cuves avec de l'eau distillée après chaque mesure, et on met l'eau à analyser dans une cuve, ensuite on introduit dans la cuve un sachet de l'élément qu'on veut déterminer sa quantité dans l'eau suivant le menu de chaque élément, et à la fin on lit la valeur affichée sur l'écran après stabilisation.

NB : il est nécessaire de procéder à des étapes indiquées dans le menu pour chaque élément.

Chacun de ces différents facteurs nous renseignent sur l'état de l'eau, et on peut les classer aussi de la façon suivante :

➤ Les paramètres physico-chimiques courants :

- ❖ La température
- ❖ pH
- ❖ La Conductivité
- ❖ La dureté
- ❖ L'alcalinité
- ❖ Les chlorures

➤ Les facteurs indésirables :

- ❖ Oxydabilité
- ❖ Ammonium
- ❖ Fer

➤ Les facteurs minéraux toxiques :

- ❖ Nitrites
- ❖ Nitrate

En plus, d'autres analyses peuvent avoir lieu selon les conditions et les exigences et les conditions in-situ de l'eau (fuite, contamination...) tel que la mesure des Manganèses (Mn), des Sulfates (SO_4^{2-}), détermination d'odeur, couleur et saveur, l'Oxygène (O_2) dissous, Dioxyde du carbone (CO_2) libre.

1) 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.

Au cours d'une analyse bactériologique, il faut :

- ✓ Nettoyer la paillasse avec une éponge imbibée (eau de javel)
- ✓ Allumer le bec-benzène (le gaz).
- ✓ Placer le matériel, les réactifs et les milieux de cultures nécessaires pour la manipulation sur la paillasse ou sur chariot propre.
- ✓ Marquer les codes, les dates d'analyse, les températures d'incubation sur les boîtes ou les tubes.
- ✓ Enregistrer les échantillons sur le registre de lecture et indiquer la date d'ensemencement et l'opérateur.

L'appareillage et la verrerie des analyses bactériologiques :

- Autoclave
- Étuves à différentes températures
- Boîtes de Pétrie
- Pompe de filtration sur membrane
- Membranes filtrantes stériles de différentes porosités
- Bain marie, pH-mètre et balance
- Appareil de comptage des colonies
- Pipettes graduées de différentes capacités
- Tubes à essai

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.

❖ Stérilisation par la chaleur sèche :

➤ Le flamage :



Cette méthode est basée sur l'emploi du bec bunsen. Elle est utilisée pour la stérilisation extemporanée (pour l'utilisation immédiate) du matériel de manipulation. Il faut signaler que toutes les manipulations d'ouverture de tube et boîtes de cultures devront être réalisées à côté de la flamme.

❖ Stérilisation par la chaleur humide :

➤ L'autoclave :



C'est un appareil très performant qui est indispensable dans une unité de microbiologie. Il est utilisé pour stériliser les milieux de cultures, aussi pour stériliser tout autre matériel de microbiologie.

Le chauffage à lieu sous pression de vapeur d'eau à une température comprise entre 100°C et 130°C pendant une durée qui varie en fonction du milieu, de la température utilisée et du volume des récipients.

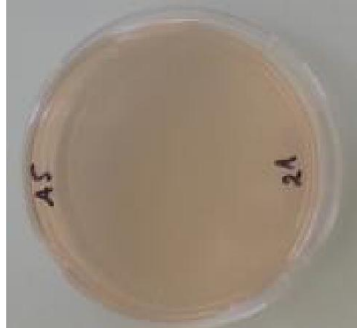


En milieu saturé d'humidité et sous pression, la stérilisation s'opère à des températures inférieures à celles qui sont nécessaires en milieu sec.

❖ **Les milieux de cultures :**

Un milieu de culture est un support qui permet la culture des bactéries, des cellules afin de permettre leur étude. En principe les bactéries trouvent dans ce milieu les composantes indispensables pour leur multiplication en grand nombre rapidement, mais aussi parfois des éléments qui permettront de privilégier un germe bactérien ou une famille.

Il existe 3 milieux de cultures utilisés pour le dénombrement des bactéries :

Tableau N°2 : les milieux de cultures utilisés pour le dénombrement des bactéries.

Les bactéries	Milieu de culture	Mode opératoire	T°d'incubation	Aspect du milieu
Les streptocoques Fécaux	Slanetz	-dissoudre 16.8g dans 400ml d'eau distillée ; -porter à ébullition jusqu'à dissolution complète.	37°C	
Les coliformes totaux et fécaux	Tergitol	-dissoudre 2.46g dans 400ml d'eau distillée ; -porter à ébullition jusqu'à dissolution. -stériliser à l'autoclave pendant 15 min ; -ajouter 2 ou 3 ml Par 1000l de TTC.	-Les coliformes Totaux : 37°C -Les coliformes fécaux : 44°C	
Les germes totaux	Gélose nutritive	-mettre en suspension 9.2g du milieu déshydraté dans 400ml d'eau distillée ; -mélanger et chauffer jusqu'à ébullition pendant 1 à 2min jusqu'à dissolution du produit ; -stériliser à l'autoclave à 80°C.	37°C ----- 44°C	

❖ Les bactéries recherchées :

NB : toute type d'opération déroule dans des conditions strictement stérile et à la présence obligatoire du bec-benzène.

Les coliformes : sont des bactéries lactose positive et oxydases négatives pouvant former des colonies en aérobiose à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sur un milieu de culture lactosé, sélectif et différentiel avec production d'acides dans les (21 ± 3) h. Les coliformes totaux n'entraînent en général aucune maladie mais leur présence indique qu'une source d'approvisionnement en eau peut être contaminée par des microorganismes plus nuisibles.

E. Coli : est une bactérie coliforme produisant également de l'indole à partir du tryptophane dans les (21 ± 3) h à $(44 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$. Les Escherichia coli sont spécifiques d'une contamination fécale, c'est-à-dire constamment rencontrés dans l'intestin des humains et dans les fèces des animaux à sang chaud. Ils sont éliminés en grande quantité dans les matières fécales.

❖ Les méthodes employées en analyses bactériologiques :

➤ Recherche des Coliformes :



Rampe a filtration

➤ Mode opératoire :

🚦 Test présomptif :

- Filtration de 100 ml de l'échantillon d'eau sur membrane de porosité **0,45 μm** .
- Prélèvement et dépôt de la membrane à l'aide d'une pince stérile dans une boîte de Pétri contenant le milieu Gélose lactosée au TTC en veillant à ce qu'aucune bulle d'air ne s'interpose entre la membrane et le milieu de culture, par ce que les bactéries retenues à la surface sont nourries à travers la membrane par les pores de celle-ci.

- Après (21 ± 3) h d'incubation dans une étuve à (36 ± 2) °C, on sort les boîtes; et on examine les membranes. Si présence de colonies suspectes (d'apparence jaune ou à halo jaune) qu'elle que soit leur taille, procéder à la confirmation. Si absence de colonies suspectes on prolonge le temps d'incubation à (44 ± 4) h puis on fait une deuxième lecture

Test confirmatif :

Repiquage de toutes les colonies typiques obtenues respectivement sur Gélose tryptonée au soja TSA (milieu non sélectif) pour le test oxydase, et ensuite dans un bouillon au tryptophane pour le test d'indole

- ✓ Pour le milieu TSA : si dans 30s apparaît une coloration bleu/violet foncé : réaction positive. Sinon (pas de changement de coloration), réaction négative, et ce sont des bactéries coliformes.
- ✓ Pour le bouillon au tryptophane : s'il y a apparition de coloration rouge à la surface donc il y a production d'indole C_8H_7N d'où on tire que ce sont des E. Coli.

➤ **Recherche des germes revivifiables :**

Ce terme regroupe l'ensemble des microorganismes se développant en aérobiose (levures ou moisissures) à une température optimale de 30°C (multiplication active de 10 à 45°C). Cette appellation peut donc regrouper aussi bien des microorganismes pathogènes que d'altération.

➤ **Mode opératoire :**

Prélever à l'aide d'une pipette et d'après une dilution préparée, 1mL d'échantillon à analyser et l'introduire dans une boîte de pétri et ajouter 20mL de milieu de culture, ensuite incuber les à (36 ± 2) °C pendant (44 ± 4) h et à (22 ± 2) °C pendant (68 ± 4) h.

➤ **Recherche des Entérocoques intestinaux :**

Ce sont des microorganismes 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.

Les entérocoques sont aussi utilisés comme indicateur d'efficacité de traitement. Ce sont des facteurs principaux des Toxi-infections alimentaires (Gastro-entérite, diarrhée, nausée...) et des contaminations pathogènes multiples.

➤ **Mode opératoire :**

- Filtration de 100mL et récupération de la membrane sur boîte de pétri contenant le milieu sélectif de Slanetz et bartley.
- Incubation à (36 ± 2) °C pendant (44 ± 4) h.
- Apparition de colonies typiques (toute colonies bombée) soit au centre ou sur l'ensemble de la colonie présentant une couleur rouge-marron ou rose.
- Transfert de la membrane et des colonies, sans retournement, sur une boîte contenant la gélose bile-esculine azoture qui a été préchauffé à $(44 \pm 0,5)$ °C pendant 2h.
- On considère toute colonie montrant une couleur brune à noire dans le milieu comme colonie typique d'entérocoques intestinaux et on les compte

Résultats et interprétations :

Tableau N°3 : Les résultats d'analyse physico-chimique de la source AIN Boutaghaz.

Paramètres	Echantillon AIN Boutaghaz brute	Normes
Température (°C)	19	Acceptable
Potentiel hydrogène (pH)	7.62	6.5<PH<8.5
Turbidité(NTU)	0.24	5
Conductivité (µS/cm)	452	<2700
TA (méq/L)	0	-
TAC (méq/L)	38	-
TH (méq/L)	64	-
Oxydabilité (mg/L)	0.902	5
Chlorures (mg/L)	24.85	750
Ammonium ((mg /l)	0.1	0,5
Nitrites (mg/l)	0.274	0,5
Nitrates (mg /l)	0.963	50
Le chlore résiduel (mg /l)	0	[0.1-1]
Fer (mg/L)	0.02	0,3
Mg ²⁺ (mg/L)	182.5	-
Ca ²⁺ (mg/L)	127.45	-

Tableau N°4 : Les résultats d'analyse bactériologique :

Micro-organisme	Echantillon d'AIN Boutaghaz brute	Normes
Les coliformes totaux	++	0/1000ml
Les coliformes fécaux	-	0 /1000ml
Les streptocoques fécaux	-	0 /1000ml
Les germes Totaux à 37°C	+++	20/1ml
Les germes totaux à 22°C	+++	100/1ml

❖ **Interprétation des résultats :**

➤ **Partie physico-chimique :**

D'après le tableau des résultats des analyses physico-chimique réalisés sur la source d'AIN Boutaghaz on peut déduire que :

- La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Dans le cas étudié elle est inférieure à 25°C, donc elle ne peut pas favoriser le développement des microorganismes.
- Le potentiel hydrogène (pH) est un élément important pour définir, le caractère agressif d'une eau. Car la chloration diminue le potentiel d'hydrogène.
- la valeur de la turbidité est faible, ce qui explique la présence d'une faible quantité des matières fines en suspension.
- La conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. Dans le cas étudié on a une conductivité inférieure à 1000µS/cm ce qui correspond à une minéralisation moyenne.
- La quantité d'azote et ses dérivés (nitrates, nitrites, azote ammoniacal) est très faible, ce qui permet de déduire que l'eau de la source AIN Boutaghaz est très pauvre en matières azotées.
- L'absence du chlore résiduel dans l'échantillon signifie que l'eau n'est pas traitée, alors il faut injecter une quantité de chlore qui permis d'éliminer tous les microorganismes pathogènes.
 - ♣ Donc on peut déduire que tous les éléments chimiques analysés de la source AIN Boutaghaz, présentent bien des valeurs inférieures à celles des normes marocaines admissibles.

- ✓ De point de vue physico-chimique, les résultats des analyses réalisées sur l'eau de la source AIN Boutaghaz révèlent qu'elle est de bonne qualité et qu'elle obéit aux exigences de la norme marocaine.

➤ **Partie bactériologique :**

Les résultats d'analyse bactériologique confirment la présence des :

♣ **Les germes Totaux**

♣ **Les coliformes totaux**

- ✓ Les analyses bactériologiques ont montrés que l'eau de la source AIN Boutaghaz doit être subir un traitement par la chloration avant de la consommer. Donc les effets de la chloration consistent dans la destruction des microorganismes pathogènes (expl:E-coli) qui peuvent causer des maladies hydriques comme (diarrhée, typhoïde, choléra...).

CONCLUSION

Une eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun germe pathogène, d'une part, d'autre part il faut que les paramètres physico-chimiques mesurés respectent la norme marocaine.

L'objectif de ce travail est de connaître la qualité d'Ain boutaghazaz, c'est pour cela nous avons réalisé des analyses physico-chimiques et bactériologiques avant sa chloration.

Ce stage, m'a permis non seulement d'approfondir mes connaissances dans le domaine de contrôle de qualité de l'eau et les procédés de traitement utilisés mais aussi d'acquérir une expérience extrêmement valorisante d'un point de vue personnel et dans la mesure où il reflète parfaitement le domaine dans lequel j'aimerais poursuivre mes études.

Il estime que j'ai eu de la chance d'avoir pu effectuer ce stage entouré de personnes compétentes qui ont su me guider dans mes démarches tout en me laissant une certaine autonomie.

Références

Bibliographie :

- ✚ Livre de poche « **chimie générale en 30 fiches** » de Richard MAUDUIT et Éric WENNER, édition de 2008.
- ✚ PDF « **Le cycle de l'eau** » publié par les agences de l'eau ; Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie ; République Française.
- ✚ L'analyse de l'eau 9^{eme} édition de Jean RODIER.
- ✚ Les documents des analyses d'eau de la RADEM.

Webographie :

- ✚ <http://www.radem.ma>
- ✚ <http://www.wikipedia.com/>
- ✚ <http://www.larousse.fr/>