

Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES SUR L'EAU POTABLE ET TRAITEMENT PAR CHLORE (RADEEF)

Présenté par :

◆ Yassine BOUOIDINA

Encadré par :

◆ Mme Zahra ELMAKOUDI

◆ Pr Nouredine IDRISSE KANDRI (FST)

Soutenu Le 4 Juillet 2022 devant le jury composé de :

- Pr Nouredine IDRISSE KANDRI

- Pr Ahmed EL GHAZOUALI

- Pr Abdelaziz ZEROUALE

Stage effectué à La RADEEF

Année Universitaire 2021 / 2022

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier Mme **GUENNOUNI Fatemzohra** directrice générale de la RADEEF, qui m'a accordé d'effectuer mon stage au sein du laboratoire.

Mes remerciements sont destinés aussi à Mme **ELMAKOUDI Zahra**, Mme **SAIDI Ouadia** et Mme **OUAZZANI Rachida** responsables du laboratoire, qui ont bien voulu consacrer une bonne partie de leurs précieux temps à m'encadrer et me donner des conseils et des remarques constructives.

Mes vifs remerciements à Mr **IDRISSI KANDRI Noureddine**, mon encadrant pédagogique pour son encadrement, sa disponibilité, son orientation et ses conseils précieux. Je tiens encore à remercier les membres de jury Mr **EL GHAZOUALI Ahmed** et Mr **ZEROUALE Abdelaziz** d'avoir accepté de juger ce travail, mes remerciements aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

INTRODUCTION	1
PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE	2
I. Introduction sur la RADEEF	3
1. Historique de la RADEEF	3
2. Laboratoire contrôle de qualité des eaux	4
II. Généralités sur l'eau	4
1. Définition de l'eau	4
2. Les différentes ressources de l'eau	4
2.1. Les eaux souterraines.....	4
2.2. Les eaux superficielles	5
3. La composition de l'eau	5
3.1. Espèces inorganiques.....	5
3.2. Matières organiques dissoutes.....	5
3.3. Matières en suspension (MES)	6
3.4. Matières colloïdales.....	6
3.5. Les gaz dissouts.....	6
4. Cycle de production de l'eau potable	6
5. Pollution de l'eau	7
5.1. Définition	7
5.2. Les origines de la pollution.....	8
6. Traitement de l'eau	8
6.1. Traitement physique.....	9
6.2. Traitement chimique.....	9
6.3. Traitement physico-chimique	10
III. Les paramètres caractéristiques de la qualité d'eau	11
1. Paramètres physico-chimiques	11
2. Paramètres organoleptiques	12
3. Paramètres microbiologiques	12

PARTIE II : Traitement et analyses de l'eau potable	13
I. Traitement de l'eau par chloration	14
1. La désinfection	14
2. Le rôle du chlore dans la désinfection	14
3. Détermination de degré chlorométrique des eaux de javel	15
4. La demande en chlore	15
5. Détermination du chlore résiduel.....	17
II. Analyses de la qualité de l'eau	17
1. Analyses physico-chimiques.....	17
2. Analyses bactériologiques.....	20
3. Résultats et interpretation.....	23
CONCLUSION	26

Liste des figures :

Figure 1 : Le cycle de production d'eau potable.

Figure 2 : Les procédés classiques du traitement des eaux.

Figure 3 : Phénomène de coagulation.

Figure 4 : Représentation optique du chlore résiduel en fonction de la quantité de l'eau de javel ajoutée.

Liste des photos :

Photo 1 : comparateur à disque

Photo 2 : DPD1

Photo 3 : pH-mètre

Photo 4 : turbidimètre

Photo 5 : conductimètre

Photo 6 : Bec Bunsen

Photo 7 : Autoclave

Photo 8 : méthode de filtration sur membrane

Liste des tableaux :

Tableau 1 : densité optique du chlore résiduel en fonction de nombre de gouttes de l'eau de javel ajoutées

Tableau 2 : résultats des analyses physiques

Tableau 3 : résultats des analyses bactériologiques

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 de 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 et le développement économique qu'a connu 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 mémoire est composé de deux chapitres :

Le premier chapitre est une étude bibliographique sur les généralités de l'eau, quelques techniques de traitement de l'eau et les paramètres caractéristiques de la qualité des eaux.

Le deuxième chapitre décrit la méthode de désinfection par chloration, ainsi que les techniques d'analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau, effectuées au **Laboratoire d'Analyses de l'Eau Potable RADEEF**.

PARTIE I :

BIBLIOGRAPHIE

I. Présentation de la RADEEF

1. Historique de la RADEEF

La régie autonome intercommunale de distribution d'eau et d'électricité 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 des conseils municipaux de la ville de Fès le 30 avril 1969 suite à l'exportation de la concession de la distribution d'énergie électrique auparavant exercée par la compagnie française (compagnie française du temps du protectorat).

Actuellement la RADEEF assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide à l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Aïn chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Séfrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Touda, Sidi HAZEM, Aïn Timgnai, Ouledtayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait el Kadi.

- ❖ La RADEEF est structurée en trois divisions :
- ✓ **La Division de l'eau** son but principal est la gestion et l'entretien du réseau d'eau potable de la wilaya sans oublier l'amélioration des performances des installations et la réalisation de l'extension, nécessaire.
- ✓ **La Division d'électricité** la région RADEEF assure la distribution de l'énergie électrique moyenne tension et basse tension à plus de 1.076.251 habitants répartis sur l'ensemble du territoire de la préfecture de Fès
- ✓ **La Division d'assainissement** chargée de l'exploitation et de l'entretien du réseau d'assainissement liquide et aussi de l'étude et de la réalisation des nouveaux équipements.

2. Laboratoire « contrôle de qualité des eaux »

La régie dispose d'un laboratoire d'analyse de contrôle et de surveillance de la qualité des eaux qui a été créé en 1976 au siège de la régie puis il a été transféré près du réservoir sud en 1993.

- ❖ Les activités du laboratoire de la RADEEF :
 - ✓ Le contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la ville des FES et ses régions. Cette eau distribuée doit répondre aux normes de potabilité selon la norme marocaine et ceci en effectuant des prélèvements des échantillons pour analyses physique et bactériologique.
 - ✓ 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 lors de la réclamation.
 - ✓ La désinfection de toutes les conduites nouvellement installées afin de garantir une bonne hygiène et respecter les normes internationales en ce sens.

II. Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau

C'est une substance naturelle, souvent liquide, inodore, incolore et sans saveur à l'état pur, de formule chimique H₂O. Elle peut se trouver dans les trois états de la matière (solide, liquide, ou gazeux), l'eau est l'un des agents ionisants les plus connus, on l'appelle la plupart du temps le solvant universel.

2. Les différentes ressources de l'eau

2.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines **proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Elles** se caractérisent par une turbidité faible et une contamination bactérienne faible, car elles sont habituellement à l'abri des sources de pollution.

En dépit de ça, ses eaux peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations dépassant largement les normes de potabilité, ceci est dû à la composition du terrain de stockage, on peut citer Fe, Mn, H₂S...

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

2.2. Les eaux superficielles

Les eaux de surface, également appelées eaux superficielles, sont constituées, par opposition aux eaux souterraines, de l'ensemble des masses d'eau courantes stagnantes, douces, saumâtres ou salées qui sont en contact direct avec l'atmosphère.

Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ses matières en suspension sont variables selon la pluviométrie et la nature et relief des terres avoisinantes.

Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone.

3. La composition de l'eau

3.1. Espèces inorganiques

Ce sont essentiellement des composés ioniques, qui proviennent de la dissolution des roches par l'eau lors de son acheminement dans la nature.

Le tableau 1 rassemble les principaux éléments majeurs contenus dans l'eau.

Sels minéraux	Carbonates	}	de	Sodium
	Bicarbonates			Calcium
	Silicates			Magnésium
	Sulfates			Fer
	Chlorures			Potassium
	Nitrates			

Tableau 1 : Les principaux éléments majeurs présents dans l'eau.

On trouve aussi les « éléments traces métalliques » (ETM) qui sont définis comme les éléments métalliques présents avec une concentration d'environ une partie par billion (ppb) en masse, ou moins. Les principaux éléments traces métalliques présents dans l'eau sont :

Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Mercure (Hg), Cadmium (Cd), Zinc (Zn), Fer (Fe), Aluminium (Al), Titane (Ti).

3.2. Matières organiques dissoutes :

Elles proviennent de la dissolution par l'eau de pluie, des végétaux, des animaux décomposés, des rejets urbains, industriels et agricoles.

Ces matières sont très souvent à l'origine de couleurs, d'odeurs ou de saveurs désagréables.

3.3. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques (de taille comprise entre $1\mu\text{m}$ et 1cm) insolubles dans l'eau tels que les argiles, les sables, le plancton... Elles affectent la transparence de l'eau.

3.4 Matières colloïdales

Un colloïde est un système constitué de fines particules (1nm à $1\mu\text{m}$) en suspension dans l'eau. Les matières colloïdales restent dans l'eau durant une longue période, cette stabilité est due à un potentiel zêta négatif, ce dernier donne le niveau d'interaction des colloïdes.

3.5. Les gaz dissous

Lors du contact de l'eau naturelle avec l'air, les gaz de l'atmosphère peuvent se dissoudre.

- L'oxygène O_2 : ce gaz joue un rôle important dans le processus de corrosion des métaux.
- Le Dioxyde de carbone CO_2 : ce gaz peut jouer un rôle dans la dissolution de certaines roches (les roches calcaires).

4. Cycle de production de l'eau potable

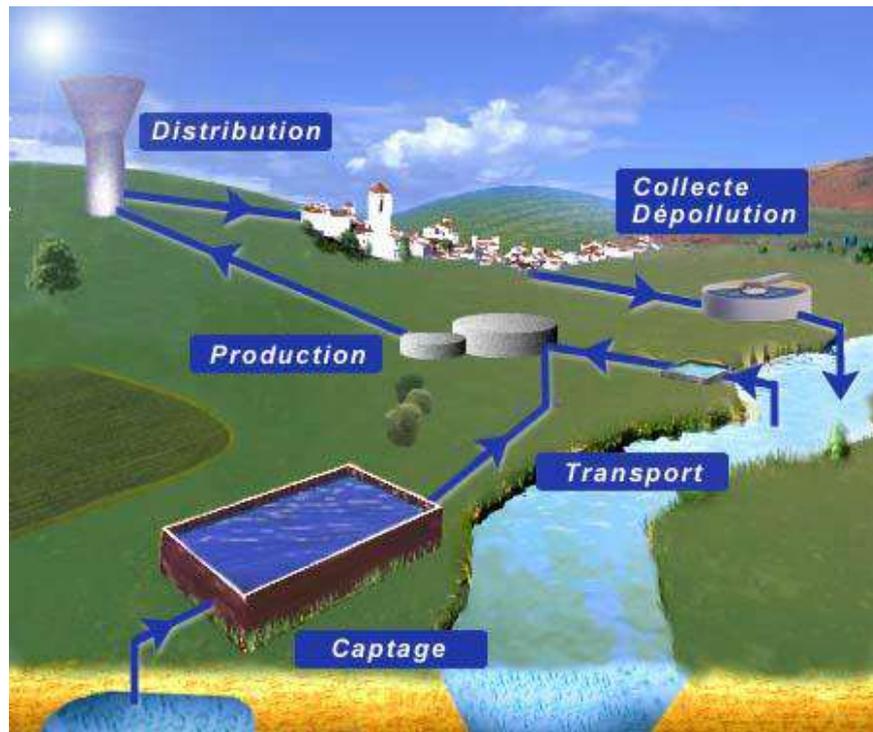


Figure 1 : le cycle de production d'eau potable

4.1. Captage

L'eau destinée à la consommation provient du milieu naturel. Elle est plus souvent prélevée dans les nappes souterraines ou bien dans des cours d'eau.

Les ressources utilisées pour l'alimentation en eau font l'objet d'une surveillance particulière afin de limiter les risques de la distribution d'une eau de mauvaise qualité. Une fois prélevée, l'eau brute est refoulée vers une usine de traitement qui produit l'eau potable que nous consommons.

4.2. Production

Selon l'origine, l'environnement et le milieu que traverse cette eau, elle se charge en minéraux, polluants et germes pathogènes et une fois acheminée à la station, l'eau brute pompée subit des traitements physico-chimiques et parfois biologique afin qu'elle soit potable après plusieurs traitements (clarification, filtration et Distribution).

Le réseau public distribue l'eau potable par des tuyaux privés jusqu'au robinet. Lors de la distribution on fait une chloration qui permet à l'eau potable de faire ce voyage en toute sécurité pour la santé des consommateurs.

4.3. Collecte

Les eaux usées sont recueillies dans des collecteurs pour être acheminées vers un réseau d'égouts. Ces réseaux sont entretenus rigoureusement pour éviter tout risque de la santé publique et l'environnement.

4.4. Dépollution

Après usage des eaux potables, elles sont conduites vers les stations d'épuration ou usines de dépollution pour se débarrasser de leur pollution, grâce à des traitements sophistiqués ou elles seront rendues dans la nature pour éviter la dégradation des cours d'eau.

5. Pollution de l'eau

5.1. Définition

La pollution de l'eau : c'est la modification physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants.

5.2. Origines de la pollution

Selon l'origine des substances polluantes, trois catégories de pollutions sont à distinguer :

✓ **La pollution domestique**

La pollution domestique provient des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison, en général, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. Elle se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matière organique, des détergents, solvants. Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau.

✓ **La pollution industrielle**

Elle provienne des usines et elle est caractérisée par la présence d'une grande diversité des polluants, selon l'utilisation de l'eau tels que :

- ✓ Les hydrocarbures (raffinerie).
- ✓ Les métaux (hydrométallurgie, métallurgie).
- ✓ Les acides, les bases, les produits chimiques divers (industries chimiques).
- ✓ L'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques).
- ✓ Les matières radioactives (centres nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Il peut y avoir un effet toxique sur les organismes vivants, par l'accumulation de certains éléments dans les denrées alimentaires tels que les métaux et les pesticides.

✓ **La pollution agricole**

L'agriculture est une source de pollution des eaux, elle apporte les engrais et les pesticides (l'utilisation non-raisonnable). Les engrais chimiques contiennent une grande quantité d'éléments azotés (nitrites), et les phosphates altèrent la qualité des nappes souterraines qu'ils atteignent par infiltration des eaux.

6. Traitement des eaux

Selon la qualité de l'eau brute, le traitement de potabilisation est plus ou moins complexe. On distingue deux étapes de traitement : La clarification et la désinfection.

La clarification repose sur des :

- **Procédés physiques** dont le but est d'éliminer MES

- **Procédés physico-chimiques** : Lorsque l'élimination des MES nécessite une coagulation des matières en suspension dans l'eau, celle-ci s'opère par l'ajout d'un réactif chimique.

La désinfection repose sur des :

- **Procédés chimiques :** Il s'agit d'ajouter du chlore, des oxydants puissants tels que le peroxyde (l'eau oxygénée) ou l'ozone. Ces oxydants permettent également l'élimination du fer et du manganèse, et ont une action organoleptique (suppression de l'odeur).

6.1. Traitement physique

- ✓ **Dégrillage :** Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets (branches d'arbres, feuilles, plastique ...) par une filtration à travers un dégrilleur.
- ✓ **Tamissage :** Après une éventuelle étape de dégrillage, l'eau passe dans des tamis de mailles de plus en plus fines, qui permettent d'arrêter les petits déchets (mégots de cigarettes, les algues).
- ✓ **La décantation :** Elle consiste à laisser déposer les déchets plus lourds que l'eau (ou à provoquer leurs dépôt) sous l'effet de la gravité.
- ✓ **La filtration :** La filtration permet d'éliminer les plus petites particules non décantées. Elle est réalisée sur des membranes ou des filtres constitués de matériaux comme le sable et le charbon actif.

Les filtres à sable, en début de filière, retiennent notamment le fer et le manganèse ; les filtres à charbon actifs, placés en fin de filière, absorbent les composés organiques résiduels, pour éliminer l'odeur et la saveur.
- ✓ **La flottation :** En fonction de la nature des MES dans l'eau à traiter, on peut recourir à la flottation plutôt qu'à la décantation. Le procédé consiste à faire remonter le floc à la surface en utilisant de l'air comprimé.

6.2. Traitement chimique

Ce type de traitement utilise des réactifs chimiques qui agissent directement sur les métaux lourds, les matières organiques et les germes pathogènes. Généralement, on utilise les composés chlorés (chlore gazeux, l'eau de javel et le bioxyde de chlore) car ils ont un effet rémanent, c'est-à-dire que leurs actions désinfectantes persistent tout au long du réseau de distribution.

- ✓ **Préchloration (pré-oxydation) :** c'est un procédé de pré-traitement utilisé en cas où l'eau est chargée en matière organique. Elle s'effectue avant la décantation par l'ajout du dichlore gazeux dans l'eau brute pour permettre au chlore d'agir à temps et décomposer les matières organiques afin de faciliter leur décomposition dans les décanteurs.

Elle permet aussi d'oxyder des corps existants dans l'eau tels que : l'ion ferreux, manganéux, les nitrites en nitrates et les matières organiques.

- ✓ Désinfection : dont l'objectif est de détruire les micro-organismes pathogènes qui peuvent toucher la santé des consommateurs et lutter contre tout développement bactérien dans le réseau de distribution. C'est essentiellement l'acide hypochloreux (HOCl) le plus actif dans les mécanismes de la désinfection.

6.3. Traitement physico-chimique

Ces procédés couplent l'action chimique d'un réactif à une action physique. Pour faciliter le dépôt des particules dans le fond du bassin, l'étape de décantation peut être couplée à deux étapes chimiques permettant d'agglomérer les particules et les rendre plus lourdes :

- ✓ La coagulation : a pour but de déstabiliser les particules en suspension pour faciliter leur agglomération. En pratique, elle consiste à ajouter des réactifs tel que le sel de fer ou d'aluminium qui neutralisent les charges opposées des substances colloïdales et annulent le potentiel zêta.



Figure 2 : phénomène de coagulation

- ✓ La floculation : a pour but de favoriser, à l'aide d'un mélange long, les contacts entre les particules pour former des floccs facilement décantables.

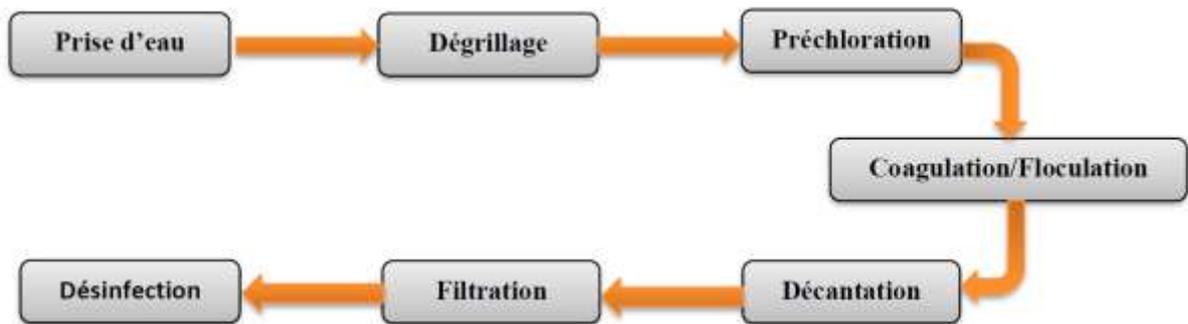


Figure 3 : Les étapes classiques du procédé de traitement des eaux

III. Les paramètres caractéristiques de la qualité d'eau

1. Les paramètres physico-chimiques

Ses paramètres correspondent aux caractéristiques de l'eau tels que le pH, la température, la conductivité ou la dureté de l'eau et délimitent les quantités maximales à ne pas dépasser pour certains composants comme les ions, les chlorures, le potassium et les sulfates.

Exemples :

- La teneur en sulfate doit être inférieure à 250 mg/l
- La teneur en chlorures doit être inférieure à 200 mg/l
- La teneur en potassium doit être inférieure à 12 mg/l
- Le pH de l'eau doit être compris entre 6,5 et 8,5
- Le TH soit la dureté de l'eau, qui correspond à la mesure de la teneur d'une eau en ions calcium et magnésium, doit être supérieur à 15 degrés français. Autrement dit, une eau ne doit pas posséder moins de 60 mg/l de calcium ou 36 mg/l de magnésium, sinon elle sera jugée trop douce : pour ne pas corroder les canalisations, elle devra faire l'objet de minéralisation et/ou de neutralisation pour retrouver un équilibre calco-carbonique.

2. Les paramètres organoleptiques

Ils concernent la couleur, le goût et l'odeur de l'eau. L'eau doit être agréable à boire, claire et sans odeur. Ces paramètres étant liés au confort de consommation, ils n'ont pas de valeur sanitaire directe.

3. Les paramètres microbiologiques

Ils permettent de contrôler que l'eau ne contient aucun germe pathogène, comme les virus, les bactéries ou les parasites, pouvant provoquer des maladies, voir des épidémies.

PARTIE II :

Traitement et analyses de

l'eau potable

I. Traitement de l'eau par chloration

1. La désinfection

A pour but d'éliminer les microorganismes pathogènes et de garantir l'absence de tout germe infectieux (bactérie ou virus) dans les eaux distribuées ; au contraire de la stérilisation, qui permet une destruction totale des germes présents, la désinfection peut laisser subsister quelques germes banals sans risque pour la santé publique.

Cette réduction des germes peut être obtenue par des procédés tels que la coagulation/floculation ou la filtration (sur sable, charbon actif ...)

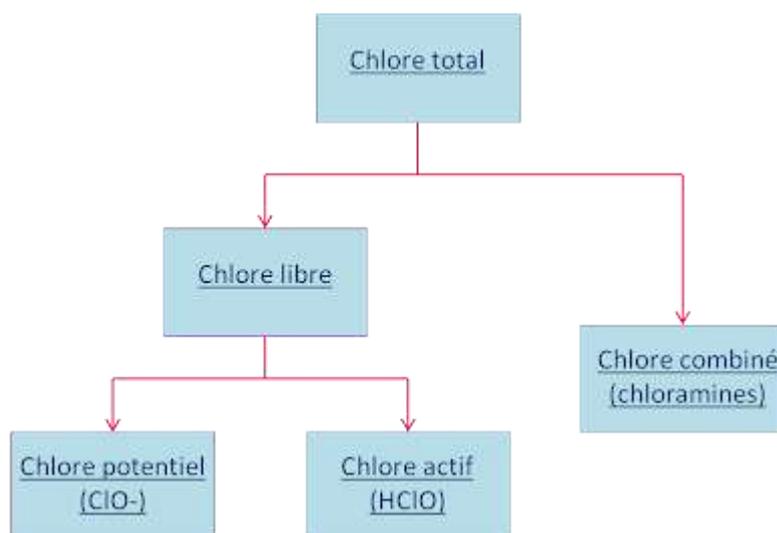
Ou encore par des procédés d'inactivation chimique, faisant appel à des réactifs chimiques, comme les oxydants ou des différentes molécules à caractère non oxydant, l'inactivation par rayonnement UV peut également être utilisée.

Au sein de la R.A.D.E.E.F la chloration (l'ajout du chlore ou eau de javel) est le procédé utilisé pour la désinfection de l'eau.

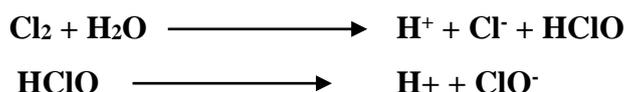
2. Le rôle du chlore dans la désinfection

Le chlore, ou ses dérivés chlorés, est **un oxydant puissant** qui, mélangé à l'eau, dégrade les matières organiques qu'elle contient, et en particulier les virus pathogènes et les microbes en une demie heure.

Une partie importante du chlore étant nécessaire pour neutraliser ces matières organiques, il n'en reste cependant qu'une partie, appelée **chlore résiduel libre**, pour traiter la contamination éventuelle ultérieure de l'eau dans le réseau ou les habitations. **La concentration en chlore libre de l'eau traitée doit être de 0,2 à 0,5 mg/l.**



- Réaction d'équilibre de base :



C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus actif dans les mécanismes de la désinfection c'est pourquoi il est aussi appelé "chlore actif" : il est majoritaire en milieu acide.

3. Détermination de degré chlorométrique des eaux de javel

Principe :

- Détermination de la quantité de chlore actif dans l'eau de javel

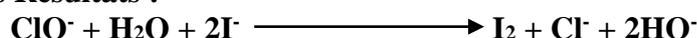
Les réactifs :

- Solution de KI à 2.767g/l
- Bicarbonate de sodium pur
- Emplois d'amidon

Mode opératoire :

- On introduit dans une fiole 10ml d'eau de javel, puis on ajuste à 100ml avec de l'eau distillée, on agite puis on prélève dans une erlenmeyer de 100ml, 10ml de cette solution. On ajoute 3g de bicarbonate de sodium (NaHCO_3) pur et 2ml d'empois d'amidon ; On titre à l'aide de solution de KI jusqu'au virage bleu.

Expression des Résultats :



Degré chlorométrique = V(KI)* 1,12

4. La demande en chlore

Objectif de la demande en chlore :

Détermination la demande en chlore d'une eau permet d'évaluer le taux de chloration à appliquer à l'eau à traiter pour obtenir une teneur résiduelle en chlore donnée, après un temps de contact fixé et à une température donnée.

Mode opératoire :

- Solution javellisant A : 40ml de javel : 1000ml d'eau distillé.
- Solution javellisant B : 5ml de solution A : 50ml d'eau distillé dans une série de flacon bouchés numérotés.
- On introduit 50ml d'eau à épurer et on ajoute dans chacun des flacons à l'aide d'un compte-gouttes normale tenu verticalement un nombre de gouttes de solution javellisant B

correspondant au numéro de flacon. On bouche hermétiquement et on le laisse 30 min au maximum. Puis on prélève dans chacun des flacons 5ml et on les introduit dans des tubes à essai numérotés, on ajoute 5gouttes de solution d'orthotolidine 0,1%. On agite et on laisse au repos 5 min puis on effectue les mesures au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 440nm.

Résultats :

Tableau 1 : densité optique du chlore résiduel en fonction de nombre de gouttes de l'eau de javel ajoutées

N° de flacon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nombre de gouttes de B ajoutées	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Densité optique du chlore résiduel	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03	0.11

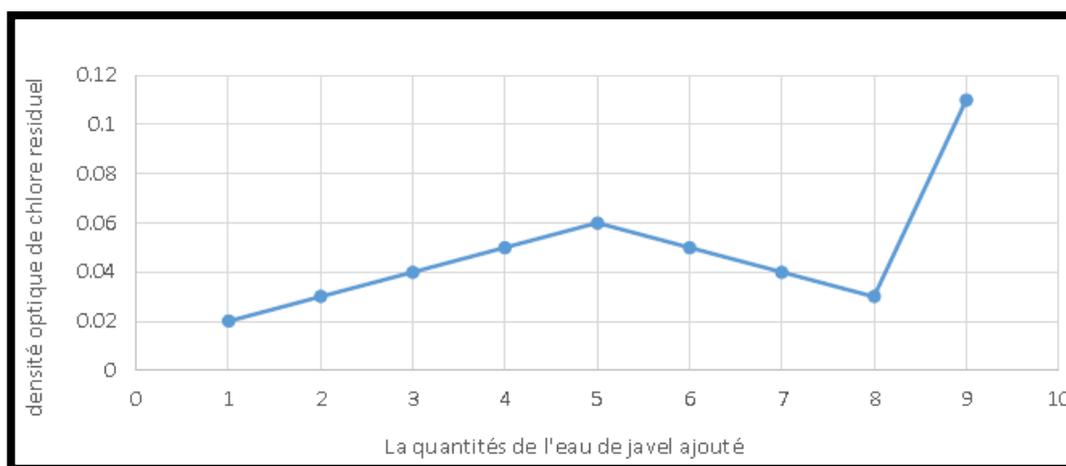


Figure 4 : représentation optique du chlore résiduel en fonction de la quantité de l'eau de javel ajoutée

Zone A : consommation rapide en chlore par les composés réactifs

Zone B : formation puis destruction des chloramines minérales

Zone C : break-point (la quantité optimale et minimale pour désinfecter 1l d'eau)

Zone D : la formation du chlore résiduel libre

5. Détermination du chlore résiduel

La détermination du chlore résiduel donne une idée sur l'aspect bactériologique de l'eau, On détermine la teneur du chlore libre dans l'eau à analyser par la méthode DPD1 où on additionne du diéthyl-phénylène diamine à l'eau contenant du chlore résiduel provoquant une coloration rose qu'on compare avec comparateur à disque coloré.



Photo 1 : comparateur à disque



Photo 2 : DPD1

II. Analyses de la qualité de l'eau

1. Les analyses physiques

1.1. Mesure de la température

La Température se mesure par un thermomètre gradué sur le terrain directement après le prélèvement de l'échantillon de l'eau.

1.2. Mesure du pH

La nature de la mesure effectuée est électrométrie qui exige des électrodes de verre fragiles et des solutions tampons pour l'étalonnage.

Le pH d'un échantillon dépend de la température en raison de l'équilibre de dissociation. C'est pourquoi la température de l'échantillon est toujours indiquée avec la mesure du pH.

❖ **Mode opératoire :**

On allume le pH-mètre, puis on rince l'électrode avec l'eau distillée, ensuite on prend 100 ml de l'eau à analyser, on plonge l'électrode dedans et on note le pH après stabilisation.



Photo 3 : pH-mètre

✓ La réglementation marocaine préconise un pH compris entre 6,5 et 8,5.

1.3. Mesure de turbidité

La méthode néphélométrie est basée sur la comparaison de l'intensité de lumière diffractée par l'échantillon à celle d'un étalon de référence dans les mêmes conditions.

❖ **Mode opératoire :**

On remplit une cuve de mesure avec l'échantillon d'eau, ensuite on fait sécher les parois et le fond de la cuve, et enfin on effectue la mesure rapidement.



Photo 4 : turbidimètre

- ✓ La norme : < 5 NTU (unité de turbidité néphélobométrique)

1.4. Mesure de conductivité

La conductivité électrique est une mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend de :

- La concentration en ions.
- La nature des ions.
- La température de la solution.
- La viscosité de la solution.

❖ Mode opératoire :

On rince l'électrode avec l'eau distillée puis on plonge l'électrode dans un flacon contenant l'eau à analyser et enfin on note la valeur dès que la mesure soit stable.



Photo 5 : conductimètre

- ✓ Norme : valeur maximale admissible : 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°C

2. Les analyses bactériologiques

L'objectif de ces analyses est de rechercher des espèces qui sont susceptibles d'être pathogènes, car l'eau potable ne doit contenir ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique.

2.1. Stérilisation

La stérilisation est une technique destinée à détruire tout germe microbien par exemple d'une préparation. Elle consiste à porter cette préparation à haute température, c'est-à-dire de 100 à 180 °C. Elle a été inventée par Nicolas Appert.

La méthode qu'on utilise souvent au laboratoire est la stérilisation par la chaleur humide, et par la chaleur sèche.

Ⓢ Stérilisation par la chaleur sèche :

Cette méthode est basée sur l'emploi du bec bunsen elle est utilisée » pour la stérilisation extemporanée du matériel de manipulation (pour l'utilisation immédiate).

Il faut signaler que toutes les manipulations d'ouverture de tube et boîtes de cultures devront être réalisées à côté de la flamme (zone de 20cm au maximum).



Photo 6 : bec bunsen

Ⓢ Stérilisation par la chaleur humide :

L'autoclave à vapeur utilise la stérilisation à la chaleur humide au moyen de vapeur saturée et sous pression pour atteindre la température nécessaire pour tuer les agents pathogènes. Ce procédé constitue le processus de stérilisation le plus fiable et le plus facile à contrôler.



Photo 7 : autoclave

2.2. Les bactéries recherchées

Les coliformes totaux : constituent un groupe des bactéries que l'on retrouve fréquemment dans l'environnement, par exemple dans le sol ou la végétation, ainsi que dans les intestins des mammifères, dont les êtres humains. Leur présence dans l'eau indique une pollution fécale et une contamination potentiellement dangereuse par des bactéries pouvant causer des maladies

Les coliformes fécaux : proviennent des intestins et des excréments des humains et des animaux à sang chaud. La présence de ces bactéries dites pathogènes est très risqué pour la santé des humains et des animaux. L'absorption d'une eau infectée de coliformes fécaux peut entraîner des maladies très graves et dans certains cas, peut causer la mort. La bactérie E-coli appartient à cette catégorie de coliformes

Les streptocoques fécaux : s'apparentent aux coliformes fécaux, elles sont donc des bactéries pathogènes c'est-à-dire dangereuses pour la santé. Presque toujours reliées à la contamination fécale, les streptocoques fécaux résistent beaucoup à la substance aseptique qui devrait empêcher leur croissance. Certains streptocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angirines les otites etc....

Les germes totaux : la recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture. 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 révélant la présence possible d'une contamination bactériologique.

2.3. Les méthodes employées dans les analyses

◆ Filtration sur membrane

Un volume d'eau est filtré à travers une membrane filtrante, dont les pores ne laissent pas passer les bactéries. Celles-ci après filtration, sont retenues sur la membrane, cette dernière est déposée sur les milieux préparés. Chaque bactérie retenue sur la membrane donne naissance à une colonie après incubation de 48h à l'étuve. Les colonies sont ensuite dénombrées et l'on connaît ainsi le nombre des bactéries présentes dans l'échantillon.

Cette méthode est utilisée pour mettre en évidence les coliformes totaux, fécaux streptocoques fécaux.



Photo 8 : méthode de filtration sur membrane

◆ Ensemencement en profondeur

Elle consiste à mélanger dans une boîte de pétri 1ml d'échantillon d'eau avec 15ml de gélose. Après incubation on dénombre les colonies.

3. Résultats et interprétation

Dans cette partie, on va s'intéresser aux échantillons prélevés depuis **la source Ain chkef** (eau souterraine), dont on va comparer les résultats des analyses de **l'eau brute** de la source avec la même eau **après chloration**.

3.1. Résultats des analyses physiques

Tableau 2 : résultats des analyses physiques

	Eau avant chloration	Eau après chloration
Température	20	20
Potentiel hydrogène (pH)	8	7,3
Turbidité (NTU)	0,512	0,27
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	615	742

- **La température** : On remarque que les valeurs de la température restent presque constantes et cela du au faite que les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère. (tableau 2)
- **pH** : L'analyse de ces résultats stipule que le pH des eaux brutes et des eaux traitées est compris entre 6,5 et 8,5. (tableau 2)
Le pH est dans les normes et n'est pas nécessaire d'utiliser des produits pour le diminuer ou l'élever.
- **Turbidité** : La valeur de turbidité est faible, ce qui explique rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau. Dans le cas étudié on a une conductivité inférieure à 1000uS/ cm ce qui correspond à une minéralisation moyenne. (tableau 2)
- **Conductivité** : selon ces résultats, les valeurs de la conductivité de l'eau brute mesurée et les valeurs de l'eau traitée varient entre 600 et 800 $\mu\text{s/cm}$. Ces valeurs sont tous au-dessous de la valeur recommandée (2500 $\mu\text{s/cm}$) par les normes marocaines, donc ces eaux sont de bonne qualité de point de vue conductivité. (Tableau 2)
- ✓ De point de vue physique, les résultats des analyses réalisées sur l'eau de la source AIN CHKEF révèlent qu'elle est de bonne qualité et obéit aux exigences des normes marocaines.

3.2. Résultats des analyses microbiologiques

Tableau 3 : résultats des analyses bactériologiques

	Eau avant chloration	Eau après chloration	Normes
Les coliformes totaux	4	0	0/1000ml
Les coliformes fécaux	0	0	0/1000ml
Les streptocoques fécaux	9	0	0/1000ml
Les germes totaux à 37°C	18	2	20/ml

Les germes totaux à 22°C	30	1	100/ml
Conclusion	Eau non potable	Eau potable	

- Les résultats des analyses bactériologiques confirment la présence des : coliformes (totaux et fécaux), streptocoques fécaux et des germes totaux. (tableau 3)
- Les analyses bactériologiques ont montré que l'eau de la source AIN CHKEF doit subir un traitement par chloration avant consommation. Donc les effets de la chloration consistent de détruire les microorganismes pathogènes qui peuvent causer des maladies hydriques.(tableau 3)

Conclusion

L'eau destinée à la consommation humaine n'est pas toujours sans risques sur la santé du consommateur, elle est souvent exposée à divers types de pollution pouvant altérer sa qualité.

Durant ce stage que nous avons effectué au laboratoire de la RADEEF, on a eu l'occasion d'assister et de participer à des opérations d'analyses physiques et microbiologiques, ainsi que des prélèvements effectués sur l'eau traitée destinée à l'approvisionnement en eau potable des habitants.

Les résultats de ces analyses obtenus sont conformes aux normes marocaines de potabilité et la qualité de l'eau distribuée est bonne.