جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

كلية العلوم والتقنيات فاس
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FÈS

Licence Sciences et Techniques (LST)

Technique d'Analyse et Contrôle de Qualité

« TACQ »

PROJET DE FIN D'ETUDES

L'effet de la chloration sur l'eau de la source Ain Chkef

Présenté par :

- AIT M'BAREK FATIMA EZZAHRA

Encadré par :

- Mme Moughamir Khadija (FST)
- Mme ouazzani Rachida (Société)

Soutenu Le 06 Juillet 2022 devant le jury composé de :

-**Pr.** Kandri rodi Adiba

-**Pr**. Moughamir Khadija

-**Pr**. Sabir Safia

Stage effectué à la RADEEF

RADEEF

Année Universitaire 2021 / 2022

Dédicaces

Je dédie ce travail :

Á ma mère : trésor de bonté , de générosité et de tendresse, celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation et des innombrables sacrifices qu'elle a faits pour moi tout, au long de ma vie.

Á mon père, celle qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance et qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les grands Hommes.

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail mon profond amour et ma grande reconnaissance.

Á mes chers frères qui m'ont énormément soutenu moralement durant la réalisation de ce travail ; je leur souhaite la réussite dans leurs études et dans leur vie.

Remerciement

Je souhaite remercier en premier temps tous les professeurs de FST FES et mon encadrante **Mme Moughamir Khadija** et **Mme Kandri roudi Adiba** pour la formation qu'ils m'ont donnée durant la période de mes études et pour m'avoir dirigé avec bonté tout au long de ce stage.

Je remercie ensuite madame F. Guenouni directeur générale, Chef de la **RADEEF** pour m'avoir permis d'effectuer un stage au sein du service qualité des eaux de la **RADEEF**.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon encadrante durant ce stage **Mme Rachida Ouazzani** responsable des analyses bactériologique, pour son soutien et explication tout au long la durée de mon stage.

Un grand merci à tout le personnel du laboratoire de la **RADEEF** : Chef de département Mr Y. Berrada, Mme **Nadia Atmani** chef de division, Mme **Ouadia saidi,** Mme **Nadia Atmani,** Mme **Zahra Mekkoudi**, pour leur accueil chaleureux, leurs conseils et explications du processus de travail et leur support permanant.

Enfin, Je voudrais remercier tous les enseignants de FST qui ont contribué à ma formation pendant ces années et particulièrement aux enseignants de la licence technique d'analyses et contrôle de qualité.

Table des matières

Introduction....1

Partie 1 : Étude Bibliographique

I. **Présentation de la RADEEF.... 2**

1. Historique de la RADEEF.... 2
2. Laboratoire de La RADDEF 2
   a. Les activités du laboratoire de la RADDEF :.... 3
   b. Objectifs du la RADEEF : 3
   c. Rôle du laboratoire :.... 3
   d. Organigramme du laboratoire.... 4

II. L'eau 5

1. Types d'eau 5
2. Eaux souterraines.... 5
3. Eaux superficielle.... 6
4. Eau de source exemple AIN CHKEF 6
5. Normes de potabilité 6
6. Les sources d'eau potables à Fès 7

III. Source de pollution de l'eau et méthodes de traitements 7

1. Les sources de pollution de l'eau **.... 7**
   a. La pollution biologique 7
   b. La pollution chimique 8
   c. La pollution radioactive 8
2. Traitements de l'eau.... 8
   a. La désinfection.... 8
   b. Le rôle du chlore dans la désinfection.... 9
   c. Détermination de degré chlorométrique des eaux de javel 9

d. La demande en chlore 10
e. Détermination du chlore résiduel 11
IV. Les analyses de l'eau 12

Partie 2 : Matériel et Méthodes

1. Prélèvement des échantillons 12
- Les prélèvements réalisés pour effectuer les analyses physico-chimiques :..... 12
- Les prélèvement réalisés pour effectuer les analyses bactériologiques : 13

2. Les types d'analyses 13
7. Les analyses bactériologiques 14
a. Les coliformes totaux..... 14
b. Les coliformes fécaux 14
c. Les germes totaux à 22 et 36°C 15
d. Les streptocoques fécaux 15
e. Clostridium..... 15
8. Les analyses physico-chimiques 15
a. la température..... 15
b. Test pH..... 16
c. Conductivité..... 16
d. Turbidité 17
9. Les analyses In situ 17
a. La température : 17
b. Le chlore résiduel :..... 17
10. Les analyses organoleptiques..... 18
a. Le gout 18
b. L'odeur..... 18
c. Couleur 18
11. Les Techniques d'analyse 18
a. Stérilisation du matériel..... 18
b. Filtration sur membrane 19
c. Ensemencement en profondeur 20
d. Les milieux de cultures 20
e. Test de confirmation 23

Partie 3 : Résultats et discussions

V. Résultats et interprétations 24

1. Résultats des analyses physico-chimiques..... 24
2. Résultats des analyses in situ 25
3. Résultat des analyses bactériologiques 26
4. Les analyses organoleptiques..... 27

Conclusion.....28

Les Références bibliographiques.....29

Table d'illustrations

Figure 1 : source d'eau Ain Chkef.

Figure 2 : station de chlore.

Figure 3 : Variation du chlore résiduel en fonction du chlore ajouté.

Figure 4 : Flacon utilisés pour les prélèvements destinés à l'analyse bactériologique.

Figure 5 : Prélèvement d'une eau brute à la source Ain Chkef

Figure 6 : PH mètre

Figure 7 : Conductimètre.

Figure 8 : Turbidimètre.

Figure 9 : Appareil électronique de mesure du chlore résiduel.

Figure 10 : Bec bunsen-Autoclave

Figure 11 : Méthodes de filtration sur membrane.

Figure 12 : Schéma du protocole de confirmation des colonies de coliformes totaux et E. coli

Figure 13 : Schéma du protocole de confirmation des colonies de streptocoques fécaux.

Tableau 1 : méthodes utilisées pour les analyses bactériologiques.

Tableau 2 : Résultats des analyses physiques.

Tableau 3 : Résultats des mesures in situ de la température et du chlore résiduel.

Tableau 4 : Résultat 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 défendre et protéger pour l'intérêt de tous.

L'eau source de vie, a longtemps été considérée comme un élément inépuisable. On s'est rendu compte depuis peu de temps que ce n'est pas le cas, du moins en ce qui concerne l'eau potable, sa rareté devient de plus en plus préoccupante avec l'augmentation de la demande urbaine, aux de sécheresse, à la demande de l'industrie et à l'explosion démographique.

L'eau consommée à Fès a deux origines :

- L'eau potable de Fès est une eau souterraine (forages, sources). Les sources telles que la source AIN CHKEF, source Bourkeiz.
  Ces eaux souterraines, sont de bonne qualité, Elles subissent qu'un simple traitement pour les rendre potables : c'est la chloration. Un contrôle régulier de ces sources pour assurer leur conformité et leurs respects aux normes de potabilité.
- Le reste provient des eaux superficielles de l'Oued Sebou traitées par L'ONNEE, cette eau de surface passe par différentes phases de traitements (dessablage, décantation, chloration…), sur le site de pompage au niveau de la station de traitement Ain Nokbi de l'ONEE, et sont ensuite acheminés dans des conduites jusqu'au réservoir de stockage de l'ONEE puis le réservoir, Bab El Hamra de la RADEEF.

Mon sujet consiste à déterminer l'effet d'eau de Javel sur la qualité de l'eau de la source AIN CHKEF.

Ce travail comporte trois parties, à savoir :

Partie 1 : Étude bibliographique sur la qualité d'eau,

Partie 2 : Matériel et Méthodes utilisés,

Partie 3 : Résultats des analyses bactériologiques et physico-chimiques de la source Ain

Chkef avec leurs interprétations

I. Présentation de la RADEEF

1. Historique de la RADEEF

La wilaya de Fès (RADEEF) est 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 Régie Autonome intercommunale de la Distribution d'Eau et d'Electricité.

La RADEEF a été créé par délibération du Conseil municipal de la ville de Fès en date du 30 Avril et du 28 Août 1969 suite à l'expiration de la concession de la distribution d'énergie électrique auparavant exercée par la compagnie Fassie (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 l'intérieur de la ville de Fès. 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 Timgnai, Ouled Teyeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

- **La RADEEF est structurée en trois divisions**
  - *La division 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 des extensions nécessaires.
  - *La division Electricité* : La régie (RADEEF) assure de la distribution de l'énergie électrique moyenne tension à plus de 1.076.251 habitants répartis sur l'ensemble du territoire de la préfecture de Fès.
  - *La division Assainissement : elle est chargée de l'exploitation et de l'entretien de réseau d'assainissement liquide at aussi l'étude et la réalisation de nouveaux équipements.*

2. Laboratoire de La RADDEF

La Régie dispose d'un laboratoire d'analyse, de contrôle et 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.

a. Les activités du laboratoire de la RADDEF :

- 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 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 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 des réclamations.
- La désinfection de toutes les conduites nouvellement les normes internationales en ce sens.

b. Objectifs du la RADEEF :

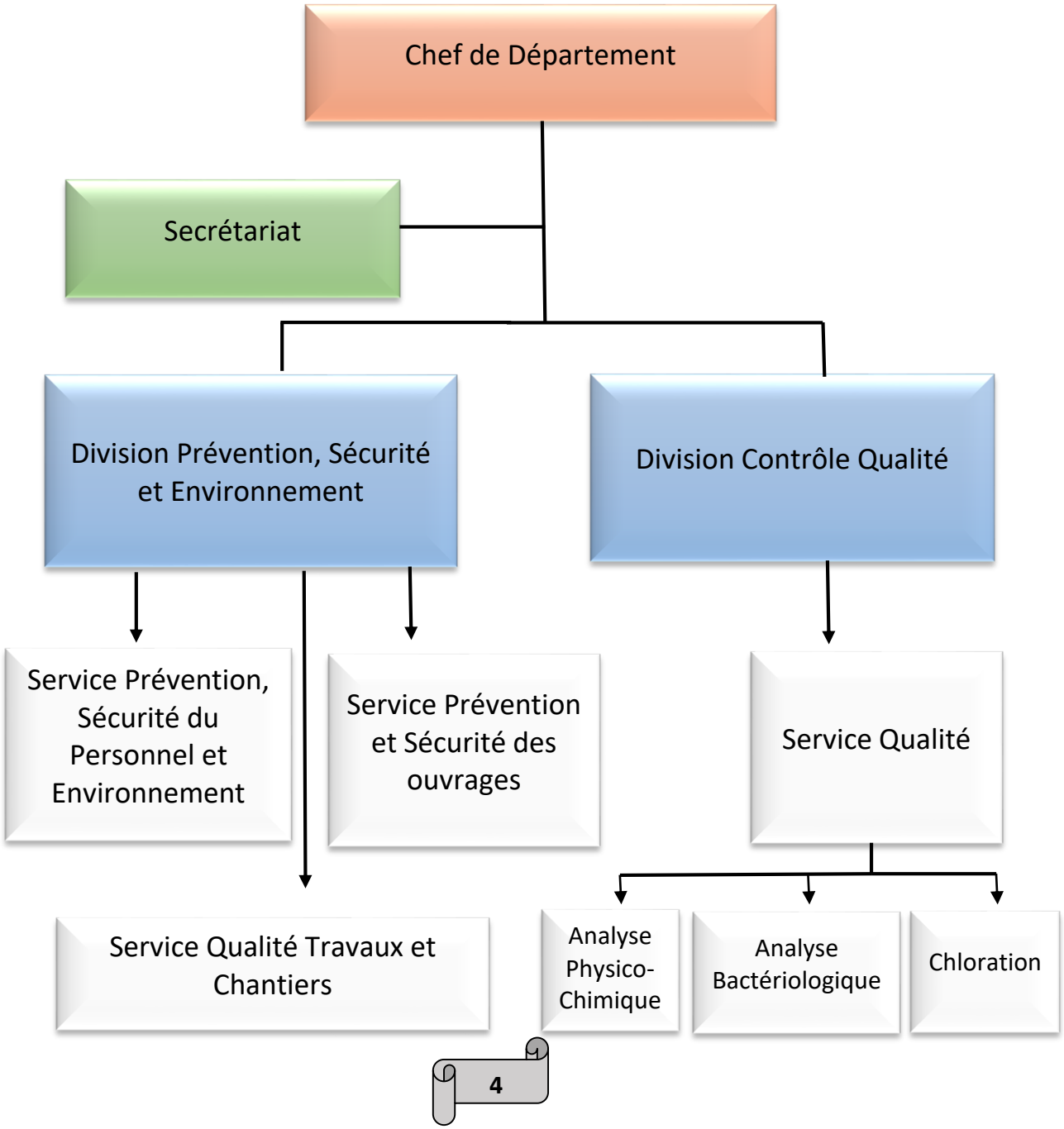
Assurer le suivi de la qualité des eaux produites et distribuées

- ✓ Prévenir la dégradation de la qualité des eaux et surveiller la bonne chloration.
- ✓ Assurer le contrôle de l'hygiène dans l'ensemble du réseau.
- ✓ Assurer une prise de décision rapide et efficace en cas de danger.

c. Rôle du laboratoire :

Le rôle du laboratoire est de veiller sur la qualité d'eau livrée par La RADEEF aux consommateurs ainsi elle assure la surveillance et la désinfection de l'eau potable sur l'ensemble du système de distribution.

d. Organigramme du laboratoire



II. L'eau

1. Types d'eau

Eau douce : est une eau qui contient peu d'ions ou en terme non chimiques, qui n'est pas salée.

C'est l'eau de rivières, des lacs, pluie, glacière, des tourbières…

Eau minérale : D'origines souterraines, protégés de toute pollution humaine et embouteillés sur leur site d'émergence, elles ne subissent aucun traitement microbiologique et ne reçoivent aucun additif, leur composition unique en sels minéraux est stable dans le temps. Les eaux minérales naturelles sont contrôlées quotidiennement et doivent respecter des critères microbiologiques qui sont deux fois sévères que ceux de l'eau.

Eau brute : L'eau brute est celle qui se trouve dans l'environnement, qui n'a pas été traitée et possède tous ses minéraux ions, particules, bactéries ou parasites. L'eau de pluie, L'eau souterraine, celle des puits d'infiltration et des réservoirs comme les lacs et des rivières sont des eaux brutes.

Eau de robinet ou potable : est une eau constitué souvent des eaux de surfaces (lacs, rivières, fleuves…) et de fait, peut être soumise à divers pollution. Avant de parvenir jusqu'au robinet du consommateur elle subit de nombreux traitements pour être rendue potable, et des fois par des eaux souterraines (sources…) ne nécessite pas beaucoup de traitements pour le rendre potable car elles sont à l'abri de la pollution.

2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines sont toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol.

3. Eaux superficielles

Les eaux superficielle qualifient toute les eaux naturellement ouvert sur l'atmosphère y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires.

4. Eau de source exemple AIN CHKEF

L'eau de la source Ain Chkef est une source fraiche de creux de faille qui se localise au plateau du Saiss, juste à quelque kilomètre au sud de Fès.

Les eaux de sources sont des eaux d'origine sous terrains, elles sont potable à l'état naturels et peuvent être embouteillées à la source.

Figure 1 *: source d'eau Ain Chkef*

5. Normes de potabilité

Ces critères concernent en premier lieu brute, que l'on capte dans une nappe d'eau souterraine ou dans une eau de surface et à partir de laquelle on va produire de l'eau potable. Cette eau brute que l'on prélève dans le milieu naturel doit répondre à la grille de la qualité. Elle subit un traitement de potabilisation plus ou moins poussé selon sa qualité. L'eau produite qui est ensuite distribuée aux consommateurs doit être potable c'est-à-dire conforme aux exigences de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

Selon ces normes, une eau potable de point de vue bactériologique doit être exemple de germes pathogène (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car Les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands.

De points de vue physico-chimiques il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou toxiques. (Comme les nitrates et les phosphates), les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des « concentrations maximales admissibles » ont été définies.

6. Les sources d'eau potables à Fès

La nappe phréatique et les eaux superficielles du Sebou sont les réserves disponibles en eau potable.

L'eau consommée à Fès a deux origines :

- ✓ L'eau potable de Fès est une eau souterraine à hauteur de 75% (forages, sources). Les sources : telles que la source AIN CHKEF, source Bourkeiz, source Ain Barda.
- ✓ Le reste provient des eaux superficielles de l'Oued Sebou traitées par l'ONEE, cette eau de surface passe par différentes phases de traitements (dessablage, décantation, chloration…), sur le site de pompage au niveau de la station de traitement Ain Nokbi de l'ONEE, et sont ensuite acheminés dans les conduites jusqu'au réservoir de stockage de la RADEEF, Bab El Hamra.

III. Source de pollution de l'eau et méthodes de traitements

1. Les sources de pollution de l'eau

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique et elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique **(Chartier Marcel, 1974).** On trouve :

a. La pollution biologique

Telle que les bactéries, les virus, les parasites présents dans l'eau, qui peuvent être pathogènes pour l'Homme. Ces microorganismes peuvent provoquer des maladies parfois mortelles aux hommes et aux animaux.

b. La pollution chimique

Certains éléments chimiques qui se trouve dans l'eau sont utiles et mêmes indispensable à la santé de l'homme à faible concentration mais peuvent devenir toxique lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité. La pollution chimique est due à la présence des produits toxiques qui atteignent directement un cours d'eau, ou qui pénètrent dans le sol pour atteindre les eaux souterraines.

Elle peut être provoquée par les rejets industriels, domestiques, urbaines et agricoles. Parmi les polluants chimiques on trouve :

- Les sels minéraux : les plus couramment rencontrés sont les nitrates, les nitrites, les phosphates, les sulfates, les bicarbonates, les fluorures, etc.

- Les composés minéraux toxiques : ce sont essentiellement les métaux lourds, les minéraux d'origine agricole et les minéraux d'origine industrielle.

- Les polluants organiques toxiques : ce sont principalement les pesticides et les détergents. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

c. La pollution radioactive

La pollution de l'eau de surface par des substances radioactives pose un problème de plus en plus grave. Les polluants radioactifs proviennent des déversements d'eaux usées d'usines, des hôpitaux et des mines d'uranium. Ces polluants peuvent aussi venir d'isotopes naturels comme le radon. Les polluants radioactifs sont très dangereux et peuvent prendre des milliers d'années avant de ne plus être dangereux pour l'environnement.

2. Traitements de l'eau

a. La désinfection

Elle a pour objectif de détruire tous les organismes pathogènes à la sortie de la station. Elle peut être effectuée avec des agents chlorés (chlore gazeux, eau de Javel), ozone, rayonnements ultraviolets ou par les procédés à membrane.

Au sein de la RADEEF, la chloration (l'ajout du chlore ou eau de javel) est le procédé utilisé pour la désinfection de l'eau.

***Figure 2** : station de chlore*

.

b. Le rôle du chlore dans la désinfection

Le chlore est un produit chimique qui est employé pour s'assurer de la qualité de l'eau depuis la source jusqu'au point de consommation, il tue les microorganismes qu'elle contient après un temps d'action d'environ 30 minutes.

c. 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 2.767 g/l
- Bicarbonate de sodium pur
- Empois d'amidon

Mode opératoire :

- Introduire dans une fiole 10ml d'eau javel.
- Ajuster à 100ml avec de l'eau distillée ;
- Agiter et prélever dans un erlenmeyer de 100ml, 10ml de cette solution ;
- Ajouter 3g de bicarbonate de sodium et 2ml d'empois d'amidon ;
- Titrer à l'aide de la solution KI jusqu'à virage bleu ;
- Soit n le nombre de millilitre de solution de KI versée ;

Expression des résultats :

Degré chlorométrique = V(KI) * 1.12

d. La demande en chlore

La demande en chlore est la quantité d'eau de javel nécessaire pour désinfecter 1 m^3 d'eau. Lorsqu'on introduit le chlore dans une eau chargée en matière organique, il faut toujours satisfaire la demande au point critique ‹‹ break-point›› : le point qui correspond à la dose du chlore minimum pour laquelle toute la matière organique présente est oxydé et donc à partir de ce point critique, toute addition de chlore reste sous forme de chlore résiduel **(RODIER, 2009).**

La courbe suivante **(Figure 1)** correspond à la variation du chlore résiduel en fonction du taux de traitement d'une eau chargée en matière azotée et organique :

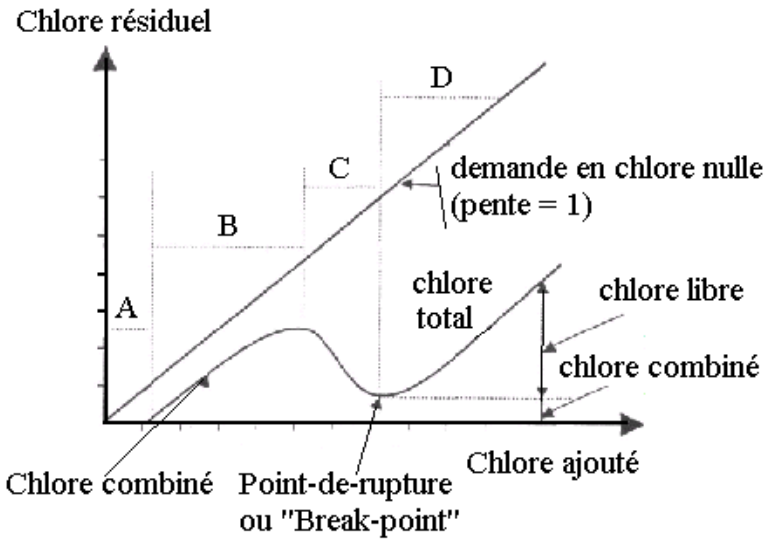


***Figure 3** : variation du chlore résiduel en fonction du Cl2 ajouté*

On observe quatre zones distinctes correspondant à quatre phases de l'action du chlore :

- Zone A : Destruction du chlore par des composés organiques.
- Zone B : Formation des chloroamines.

- Zone C : Destruction des chloroamines, Break-point ou point de rupture (la quantité optimale et minimale pour désinfecter 1m 3 d'eau).

- Zone D : Formation du chlore résiduel -libre.

e. Détermination du chlore résiduel

Le chlore résiduel est déterminé par le test DPD n° 1 (diéthyl-p-phénylènediamine) au moyen d'un comparateur visuel. Ce test consiste à ajouter un comprimé de DPD à l'échantillon. Ce dernier donne une coloration rose qu'on compare avec le disque coloré du comparateur à l'œil nu et on détermine enfin la quantité du chlore résiduel présent dans l'eau en mg/l.

IV. Les analyses de l'eau

1. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle le plus grand soin doit être apporté. En effet, la bonne pratique du prélèvement va conditionner en grande partie la validité des analyses et donc l'interpretation qu'on peut faire. L'opérateur doit donc tout mettre rn œuvre pour réaliser un prélèvement représentatif conforme à la finalité de la station observée, où le personnel qualifié doit développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement, d'utiliser le matériel conveneble, et assurer la conservation et le transport adéquat des échantillons.

Il y a deux types de prélèvements :

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

Le maintien des conditions aseptiques pour les prélèvements destinés aux analyses physicochimiques n'est pas nécessaire, il suffit de prélever l'eau dans des flacons qui ne contiennent pas de thiosulfate pour ne pas fausser les résultats des analyses chimiques.

NB : Les analyses sont faites dès que possibles, au maximum 72 heures après la prise d'échantillons pour les analyses physico chimiques, et 6 heures au

maximum pour les échantillons destinés aux analyses bactériologiques s'ils sont conservés au frais (4-6°C).

- Les prélèvement réalisés pour effectuer les analyses bactériologiques :

Après lavage et désinfection par l'alcool, il faut flamber le robinet à l'aide d'une lampe à souder portative de gaz. Ensuite des flacons en plastiques stériles sont remplis tout en laissant la lampe près du robinet. Les échantillons sont acheminés rapidement au laboratoire dans des glaciaires à 4°C et analysés dans les 6h qui suivent les prélèvements. Les flacons utilisés contiennent du thiosulfate de sodium, il détruit le chlore résiduel de l'échantillon pour préserver les micro-organismes et ne pas fausser les résultats des analyses.

Figure 4 *: Flacon utilisés pour les prélèvements destinés à l'analyse bactériologique.*

Figure 5 *: Prélèvement d'une eau brute à la source Ain Chkef*

2. Les types d'analyses

Les analyses pratiquées sur les eaux d'alimentation humaine sont définies comme suit :

- L'analyse de type 1 réduite *T1R* : Elle est effectué sur l'eau dans le réseau de distribution, au niveau du robinet du consommateur.

  Elle est constituée des paramètres de potabilités nécessaires pour un suivi routinier de la qualité.
- L'analyse de type 1 complète *T1C* : Elle effectué aussi dans le réseau de distribution, au niveau du robinet du consommateur.

Les paramètres qui constituent une analyse de ce type permettent d'obtenir, en complément de ceux du type T1R, un programme d'analyse complet à effectuer au niveau des robinets des consommateurs.

- L'analyse de type 2 réduite *T2R* : elle est effectué à l'entrée du système de distribution.
- L'analyse de type 2 complète *T2C* : elle est effectué à l'entrée du système de distribution. Elle est constituée des paramètres permettant d'obtenir, avec ceux du type T2R, un programme d'analyse complet à effectuer au niveau de l'entrée d'un système de distribution.
- L'analyse de type 3 T3S est réalisée sur les ressources superficielles en eau.
- L'analyse de type 3 T3P est effectué sur les ressources profondes en eau.

Seulement les analyses T1R et T2R qui sont réalisés par le laboratoire de la RADEEF, les autres analyses sont réalisés par un laboratoire privée qui est en convention avec la RADEEF.

3. Les analyses bactériologiques

a. Les coliformes totaux

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. Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, aérobies ou anaérobies facultatives, gram négatif, ne formant pas de spores, présentant une réaction négative à l'oxydase.

b. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont des bactéries qui font partie du groupe des coliformes totaux et qui constituent les seuls membres de ce groupe que l'on trouve majoritairement dans les matières fécales des humains et animaux. Leur présence dans l'eau indique non seulement une contamination récente par des matières fécales, mais aussi la présence possible de bactéries et virus potentiellement pathogènes.

c. Les germes totaux à 22 et 36°C

La recherches des micro-organismes non pathogènes aérobies permet de dénombrer les bactéries se développent 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 révélant la présence possible d'une contamination bactériologique.

d. 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 aux substances aseptiques qui devraient empêcher leur croissance. Certains streptocoques peuvent se transformer en germes initiateurs de plusieurs maladies telles que les angines, les otites, les méningites, etc…

e. Clostridium

Le genre clostridium est un genre bactérien regroupant des bacilles gram positifs anaérobies souvent sporulés. Les clostridiums sont généralement recherchés dans les eaux de surfaces et ils indiquent l'efficacité du traitement des eaux de surfaces.

4. Les analyses physico-chimiques

a. la température

La température de l'eau et la température extérieure influent elles aussi sur l'action des désinfectants : l'efficacité du chlore est optimale quand la température se situe entre 18 et 24°C, en revanche, à partir de 28°C le chlore perd considérablement de son efficacité.

b. Test pH

Le pH de l'eau est le reflet de la concentration en ions H+. Il est exprimé comme suit : pH = - log [H+]. Un pH acide ou basique est un signe direct de la pollution de l'eau. En effet, le pH optimum d'une eau potable doit être situentre 6,5 et 8,5 **(WHO, 2011).**

***Figure 6* : pH mètre**

c. Conductivité

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle varie en fonction de la présence d'ions, de leur concentration et de la température. En général, plus la conductivité est élevée, plus il y a de minéraux dissous dans l'eau. La conductivité est mesurée à l'aide d'un Conductimètre (Cond 7310) étalonné (Figure 3).

Le résultat est exprimé en micro-siemens par centimètre (µS/cm).

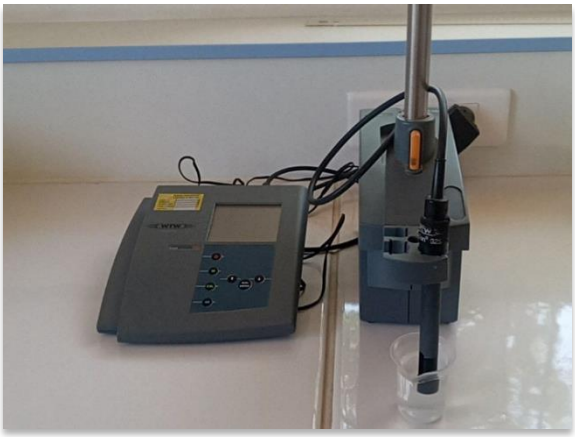


Figure 7 : Conductimètre

d. Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales (argiles, limons, grains de silice) et les matières organiques. La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre HACH 2100N, étalonné (Figure 4) , Le résultat est exprimé en NTU (unité de turbidité néphélométrique).

Figure 8 : Turbidimètre

5. Les analyses In situ

a. La température :

La mesure de la température doit être sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre. Cette mesure nous renseigne sur la salubrité des sels et des gaz dissous dans l'eau, donc joue un rôle sur la conductivité électrique. Elle agit aussi sur le PH.

b. Le chlore résiduel :

Cette mesure est appliqué uniquement pour l'eau chlorée, pour savoir est ce que la concentration du chlore résiduel dans l'eau potable respecte la norme ou pas dans une zone donnée.

Figure 9 : *Appareil électronique de mesure du chlore résiduel*

6. Les analyses organoleptiques

a. Le goût

Cette mesure est basée sur la finesse du sens gustatif de l'opérateur. On dilue l'eau par une eau dé-ionisée (eau de référence). La dégustation est effectuée en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du gout.

b. L'odeur

L'odeur est définie comme étant l'ensemble des propriétés organoleptiques détectées par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatile **(AFNOR, 1999)**.

Les eaux de consommation doivent posséder une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur **(OMS, 1985)**.

Les odeurs sont dues à la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore et le bioxyde de soufre (SO2), ou organiques comme les esters, les alcools et les nitrites **(Monique Henry, 1991).**

c. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.

7. Les Techniques d'analyse

a. Stérilisation du matériel

Le matériel utilisé par ces analyses doit être stérilisé afin d'éliminer les divers micro-organismes la méthode qu'on utilise souvent au laboratoire est la stérilisation par la chaleur humide, ainsi que par la chaleur sèche.

- **Stérilisation par la chaleur sèche :**

Le flambage : cette méthode est basée sur l'emploi du **bec bunsen** (Figure.6), 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 boites de culture devront être réalisées à côté de la flamme.

- **Stérilisation par la chaleur humide :**

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

Figure 10 :Bec bunsen-Autoclave

b. Filtration sur membrane

Un volume d'eau mesuré précisément est filtré à travers une membrane filtrante (Figure.6), dont les pores ne laissent pas passer les bactéries. Celle-ci, après filtration sont retenues sur la membrane, cette dernière est ensuite placée sur les milieux préparées (Slanetz, Tergitol et TSC). Durant l'incubation, les colonies se forment à la surface de la membrane.

→ Cette méthode est utilisée pour mettre en évidence les coliformes Totaux, fécaux, les streptocoques fécaux et les clostriduims.

Figure 11 : Méthode de Filtration sur membrane

c. Ensemencement en profondeur

Méthode utilisé pour le dénombrement des germes totaux. Elle consiste à mélanger dans une boite de pétri 1 ml de l'échantillon avec le milieu de culture gélosé. Puis laisser la gélose se refroidir est incubé les boites à 22°C pendant 72 h et 37°C pendant 48 h. Les conditions stériles sont assurées par une hôte UV.

d. Les milieux de cultures

Chaque germe nécessite des conditions favorables pour son développement, c'est pour cela on prépare différent milieux de cultures spécifiques pour chaque souche.

Milieu de culture CCA : c'est milieu de culture spécifique pour les coliformes totaux et fécaux.

Composition :

Digestat enzymatique de caséine: 1,0g
Extrait autolytique de levure: 2,0g
Chlorure de sodium: 5,0g
Dihydrogénophosphate de sodium x 2 H2O: 2,2g
Hydrogénophosphate disodique: 2,7g
Pyruvate de sodium: 1,0g
Sorbitol: 1,0g
Tryptophane: 1,0g
Tensioactif à l'éthoxylate d'alcool secondaire: 0,15g
6-Chloro-3-indoxyl-ß-D-galactopyranoside: 0,2g

Acide 5-Bromo-4-chloro-3-indoxyl- ß-D-glucuronique: 0,1g
Isopropyl-ß-D-thiogalactopyranoside (IPTG): 0,1g
Agar agar: 16,0g

Pour préparer un litre de milieu de culture, on dissous 32.5 g dans un litre d'eau distillé

Milieu de culture Slanetz : c'est le milieu de culture utilisé pour le dénombrement des streptocoques fécaux.

Composition (g/l) : Tryptose 20 – Yeast extract 5 – Glucose 2 – Dipotassium phosphate 4 – Sodium azide 0.4 – 2,3,5 triphenyltetrazolium chloride 0.1 – Bacteriological agar 10 – pH of the ready to use medium at 25°C : 7,2 +/- 0.2.

Pour préparer un litre du milieu, on dissous 41.5 g du milieu dans un litre d'eau. C'est un milieu qu'on ne peut pas le mettre dans un autoclave.

Milieu de culture TSC : c'est le milieu de culture utilisé pour favoriser la croissance des clostridiums

Composition (g/l) : Tryptone 15 – Papaic digest of soybean meal 5 – Yeast extract 5 – Sodium metabisulfite 1 – Ferric ammonium citrate 1 – Bacteriological agar 15 – pH of the ready to use medium at 25°C : 7.5 +/- 0.2.

Pour préparer un litre , on dissous 42 g du milieu dans un litre d'eau.

Gélose a l'extrait de levure : Milieu de culture utilisé pour déterminer les germes totaux.

Composition (g/l) : Tryptone 6 – Yeast extract 3 – Bacteriological agar 10 – pH of the ready to use medium at 25°C : 7.2 +/- 0.2 .

Pour préparer un litre, on dissous 19 g du milieu dans un litre d'eau.

Tableau 1 : méthodes utilisées pour les analyses bactériologiques :

Bactéries	Milieu de culture	Méthode employée	T° et temps d'incubation	Cas de résultat positif	Interprétation
Germes Totaux par ml	Gélose a l'extrait de levure	Ensemencement en profondeur	37°C 48h / 22°C 72h	Colonies blanches	Pathogènes / Saprophytes
Coliformes totaux par 100 ml	CCA	Filtration sur menmbrene	37°C 48h	Colonies halo-rouges	Pathogènes
Coliformes fécaux par 100 ml	CCA	Filtration sur menmbrane	44°C 48h	Colonies halo-jaunes	Pathogènes
Streptocoques fécaux par 100 ml	Slanetz	Filtration sur menmbrane	37°C 48h	Colonies rouges, roses ou marron	Pathogènes
Clostridium (anaérobies) par 100 ml	Tryptone Sulfite-Cyclosérine (TSC)	Filtration sur membrane	37°C 48h	Colonies noires	Pathogènes, indicateur d'efficacité de traitement (désinfection)

e. Test de confirmation

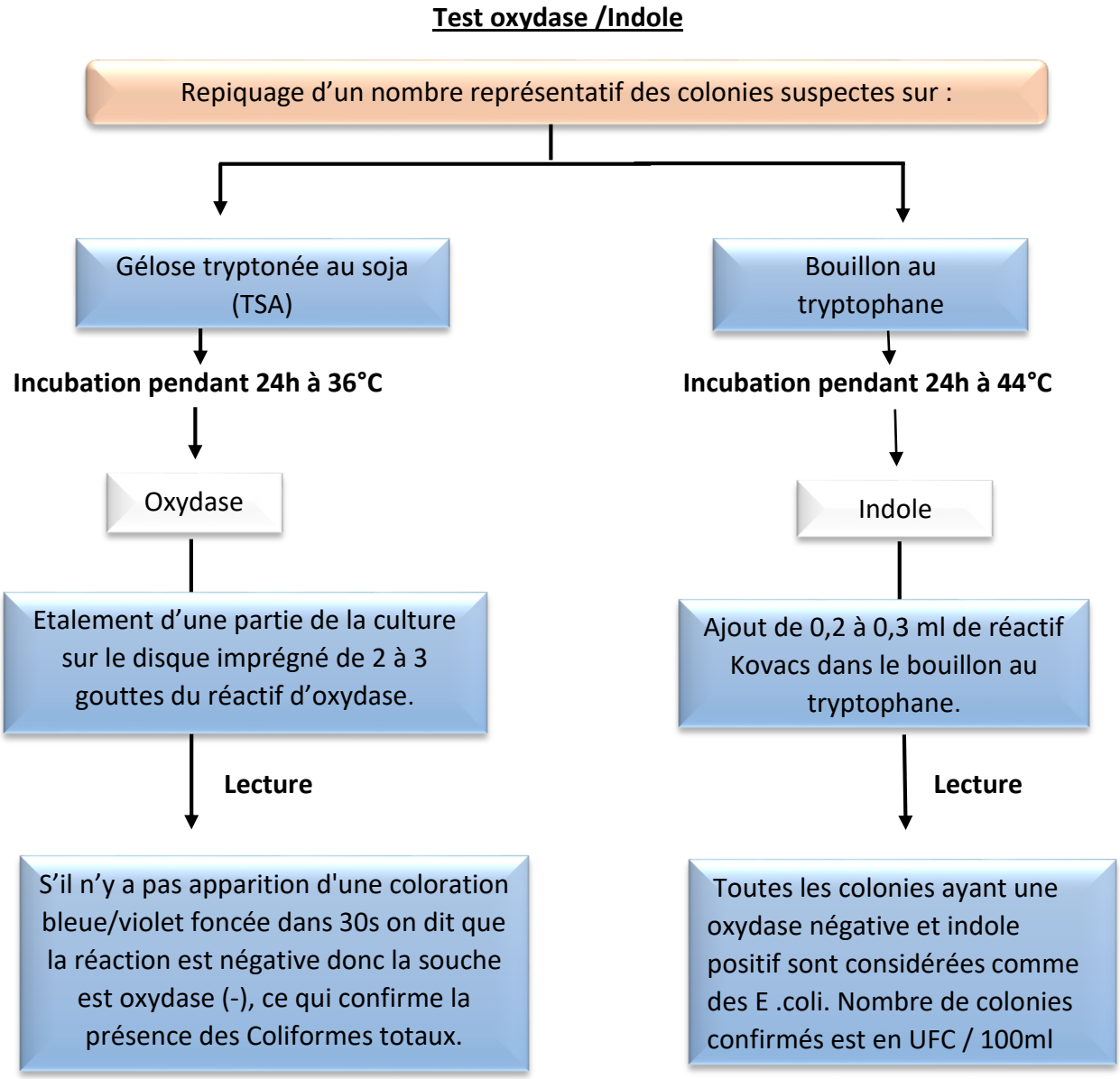


Figure 12 : Schéma du protocole de confirmation des colonies de coliformes totaux et d'Escherichia coli.

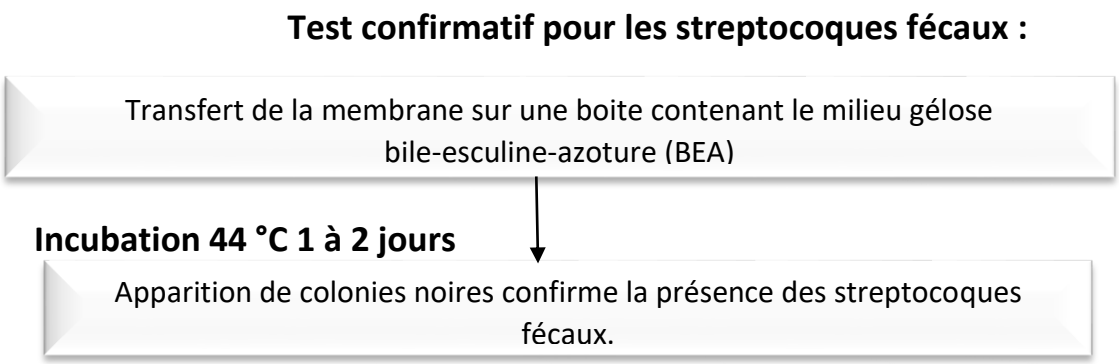


Figure 13. Schéma du protocole de confirmation des colonies de streptocoques fécaux.

Résultats et discussions

V. Résultats et interprétations

1. Résultats des analyses physico-chimiques

Tableau 2 : Résultats des analyses physiques :

Paramètres à analyser	Sortie 1		Sortie 2		Sortie 3	
	Avant Chloration	Après Chloration	Avant Chloration	Après Chloration	Avant Chloration	Après Chloration
pH	7.64	7.62	7.28	7.22	7.39	7.35
La conductivité en µs/cm	770	754	746	737	732	729
La turbidité en NTU	0.22	0.17	0.33	0.25	0.36	0.30

Interprétation :

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

- Il y'a une différence négligeable entre les caractéristiques de l'eau de source avant et après chloration.
- **Pour le pH :** La limite posée par la norme marocaine de l'eau potable varie de : 6.5 à 8.5 mesuré à une température entre 18 et 25°C, la valeur du pH est primordial on ce qui concerne l'efficacité désinfectants (Le chlore est sensible aux variations du pH), plus la valeur du pH est grande, moins le chlore est efficace. Mais l'essentiel que le pH

est dans la norme de potabilité. Pour les trois échantillons, la source et l'arrivée d'eau respectent la limite de référence posée par la norme.

- **Pour la conductivité** : La VMA est 2700 µS/cm, La conductivité est inférieur à 1000µS/cm ce qui explique la présence d'une teneur moyenne en sels.
- **La valeur de la turbidité** : est faible ce qui montre la présence d'une faible quantité des matières fines en suspension.

VMA* : valeur maximale admissible, fixée par la norme marocaine NM 03.7.001, relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine.

2. Résultats des analyses in situ

Tableau 2 : Résultats des mesures in situ de la température et du chlore résiduel :

Sorties	**Sortie 1**		**Sortie 2**		**Sortie 3**	
La température en °C	Avant Chloration	Après Chloration	Avant Chloration	Après Chloration	Avant Chloration	Après Chloration
	20°C	22°C	19°C	20°C	19°C	22°C
Le Chlore résiduel en mg/l	0	0.62	0	0.52	0	1.2

Interprétation :

D'après la NM 03.7.001, la température de la source est acceptable, la bonne fontaine et l'eau destinée à la consommation est 25°C, La source et l'arrivé de l'eau chloré de la source Ain Chkef, respecte cette norme.

- La présence du chlore résiduel dans l'échantillon chloré signifie que l'eau est désinfectée.

3. Résultat des analyses bactériologiques

Tableau 3 : Résultats des analyses bactériologiques :

Micro-organismes recherchés	Sortie 1		Sortie 2		Sortie 3		La norme marocaine pour l'eau potable
	Source	Arrivé	Source	Arrivé	Source	Arrivé	
Coliformes totaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml
Coliformes fécaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml
Streptocoques fécaux (UFC/100ml)	**3**	0	0	0	0	0	0 UFC/100 ml
Germes totaux 36°C (UFC/1ml)	**26**	4	**39**	1	**48**	2	20 UFC/1 ml
Germes totaux 22°C 100 UFC/100 ml (UFC/ 1ml)	45	6	83	4	65	7	100 UFC/1 ml

Interprétation :

Les prélèvements de la source et l'arrivée de l'eau chlorés montrent que l'eau d'Ain Chkef respecte les normes pour les coliformes totaux, fécaux sauf pour streptocoques fécaux qui sont présent dans le premiers prélèvement on a trouvé 3 streptocoques et après chloration on a trouvé 0.

En ce qui concerne les germes totaux pour les prélèvements de l'eau de source, on observe que les germes totaux 36°C dépassent la norme, ces germes sont considérés comme pathogènes et ils sont susceptibles d'être à l'origine d'une contamination fécale. Les germes totaux 22°C sont des saprophytes et leur concentration ne dépassent pas les limites dans les trois prélèvements donc ils ne présentent aucun danger.

Pour l'eau de l'arrivée, on observe que le nombre des bactéries à diminue de façon importante (Les germes totaux de 36°C et de 22°C) grâce à la présence du chlore qui élimine tous les germes pathogènes par son pouvoir désinfectants.

- Donc on peut déduire que l'eau de la source d'Ain Chkef est d'une excellente qualité et elle nécessite seulement une simple chloration pour répondre aux normes de potabilité et d'être destinées à la consommation humaine.

4. Les analyses organoleptiques

L'eau de la source Ain Chkef est bien protéger, elle est claire et ne présente aucune saveur ou odeur, il donc est d'une très bonne qualité organoleptique

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 connaitre les effets de la chloration sur l'eau de cette source, pour cela nous avons réalisé des analyses avant et après chloration qui ont montrés que cette eau est de bonne qualité et respecte les normes marocaines édictées par la réglementation sur la qualité de l'eau potable de point de vue organoleptique et physico-chimiques. Mais de point de vue bactériologique, nous pourrons déduire que l'eau de la source Ain Chkef avant chloration ne répond pas aux normes de potabilité du faite qu'il y a présence de quelques germes pathogènes, mais après chloration nous pourrons déduire que cette eau devient potable.

Apres avoir réalisé ces analyses sur la source AIN CHKEF, nous concluons que l'eau de cette source ne peut être consommée qu'après une simple désinfection par l'eau de javel.

Références bibliographiques

- **AFNOR** : Qualité physique et chimique de l'eau. 1999, Tome 4
- **Monique. H, 1991** : Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent.
- **Organisation mondiale de la santé, 1985.** Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève Vol 1.
- **Rodier J. 2009**. L'Analyse de l'Eau (9ème édition). Ed. Dunod : Pari
- **NM 03.7.001-2006** .:« Qualité des eaux d'alimentation humaine» homologuée par l'arrêté conjoint du Ministre de l'Industrie, du Commerce et de la Mise à Niveau de l'Economie, du Ministre de L'Equipement et du Transport et du Ministre de la Santé n° 221 - 06 du 2 février 2006.
- **Chartier Marcel M. 1974** Les types de pollutions de l'eau. In : Norois, n°82, Avril-Juin. pp. 183-193.

Radeef.ma (Historique + activité)

https://www.nestle-waters.fr/faq/qualite-de-l-eau-minerale-naturelle/quelle-est-la-difference-entre-une-eau-minerale-et-une-eau-de-source

La norme marocaine 03.07.002

Chloration de l'eau potable https://www.itc.es/wp-content/uploads/article-

Chloration _eau _potable-FR.pdf

https://www.alphapole.com/danger-du-chlore-eau-du-robinet/#:~:text=Lorsque%20le%20chlore%20se%20m%C3%AAle,chlor%C3%A9s%20(SPC)%20sont%20canc%C3%A9rig%C3%A8nes.&text=Les%20sous-produits%20chlor%C3%A9s%20le,THM)%20et%20notamment%20le%20chloroforme