



**UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH**  
**FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES**



**Projet de Fin d'Etudes**

**Licence Sciences & Techniques**  
**«Bioprocédés, Hygiène & sécurité alimentaires»**

**Evaluation de la qualité des eaux de la source  
Bourkaize avant et après chloration**

**Présenté par :**

KHRIBICH FATIMAEZZAHRAE

**Encadré par :**

Pr. ANANOU SAMIR

Mme. RACHIDA OUZZANI

**Soutenu le : 11 /06/2019**

Devant le jury composé de :

- Pr. ANANOU Samir
- Pr. BELRHITI ALAOUI Aziz

FSTF

FSTF

**Année universitaire  
2018 /2019**

## Remerciements

*Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant, de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.*

*Tout d'abord, j'adresse mes remerciements à mon encadrant pédagogique Pr. ANNANOU SAMIR, d'avoir bien accepté de diriger ce travail, pour sa disponibilité, pour la confiance qu'il a su m'accorder et les conseils précieux qu'il m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce projet.*

*Je tiens à remercier vivement Mme OUZZANI Rachida mon encadrant de stage pour m'avoir accueillie et veillé au bon déroulement de mon stage.*

*Je remercie également tous les membres du jury d'avoir accepté d'assister à la présentation de ce modeste travail.*

*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 bioprocédés, hygiène et sécurité alimentaires.*

*Ainsi toute personne qui a participé à l'élaboration de ce travail de près ou de loin et qui n'ont pas pu être cités ici.*

## **Liste des abréviations**

<b>BEA</b>	: Gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium.
<b>CF</b>	: Coliformes Fécaux
<b>CT</b>	: Coliformes Totaux.
<b>DPD</b>	: Diéthyl-p-phénylènediamine
<b><u>E .coli</u></b>	: <i>Escherichia coli</i>
<b>NTU</b>	: Unité néphélométrique de la turbidité
<b>ONEP</b>	: Office National de l'Eau Potable.
<b>pH</b>	: Potentiel hydrogène.
<b>RADEEF</b>	: Régie autonome intercommunale de distribution d'eau et d'électricité de Fès
<b>SF</b>	: Streptocoques Fécaux
<b>TSA</b>	: Gélose tryptonée au soja
<b>TTC</b>	: Chlorure de Triphényl le 2, 3, 5 Tétrazolium .
<b>UFC</b>	: Unité Formant Colonie.
<b>VMA</b>	: Valeur Maximale Admissible
<b>µS/cm</b>	: Microsiemens par centimètre

## **Liste des figures**

<b>Figure 1</b> : Localisation géographique de la source Bourkaize	<b>page 8</b>
<b>Figure 2</b> : Turbidimètre HACH 2100N	<b>page 10</b>
<b>Figure 3</b> : Conductimètre	<b>page 10</b>
<b>Figure 4</b> : pH mètre.pH 7110	<b>page 11</b>
<b>Figure 5</b> : Comparsateur visuel du chlore libre	<b>page 11</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau 1</b> : Résultats des analyses organoleptiques des eaux de la source Bourkaize.	<b>page 14</b>
<b>Tableau 2</b> : Résultats des analyses physico-chimiques de la source Bourkaize avant et après chloration.	<b>page 16</b>
<b>Tableau 3</b> : Les résultats des analyses bactériologiques de la source Bourkaize avant et après la chloration .	<b>page 17</b>

# Sommaire

Introduction .....	1
Présentation de la RADEEF .....	2

## Revue bibliographique

I. Types d'eau .....	3
II. Pollution de l'eau .....	3
III. Maladies transmises par l'eau .....	4
IV. Traitement de l'eau potable .....	5
1- Captage .....	5
2- Dégrillage et tamisage.....	6
3- Clarification .....	6
4- Désinfection.....	6
5- Stockage.....	6
6- Distribution.....	6
V. Chloration .....	7
VI. Norme de potabilité .....	7

## Matériel et méthodes

I. Prélèvement de l'eau .....	8
1. Lieu de prélèvement .....	8
II. Analyse organoleptique .....	9
1. Détermination de l'odeur .....	9
2. Détermination de la couleur .....	9
3. Détermination du Goût .....	9
III. Analyse physico-chimique .....	9
1. Mesure de la température de l'eau .....	9
2. Mesure de la turbidité de l'eau .....	9
3. Mesure de la conductivité de l'eau .....	10
4. Mesure du pH de l'eau .....	10
5. Mesure du chlore libre .....	11

<b>IV.</b>	<b>Analyses bactériologiques de l'eau .....</b>	<b>11</b>
<b>1.</b>	<b>Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiables.....</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux .....</b>	<b>12</b>
a)	Test oxydase .....	12
b)	Test d'indole .....	12
<b>3.</b>	<b>Recherche et dénombrement des entérocoques fécaux .....</b>	<b>12</b>

## Résultats et discussions

<b>I.</b>	<b>Résultats des analyses organoleptiques .....</b>	<b>14</b>
<b>II.</b>	<b>Résultats des analyses bactériologiques .....</b>	<b>15</b>
<b>III.</b>	<b>Résultats des analyses physico-chimiques .....</b>	<b>16</b>
	<b>Conclusion .....</b>	<b>19</b>
	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>20</b>
	<b>Annexes .....</b>	<b>22</b>

## Introduction :

L'eau représente un élément essentiel et irremplaçable pour assurer la continuité de la vie. En effet, l'eau participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles, ce qui la rend un élément exposé à tous les genres de pollution (chimique, physique et biologique) (WHO ,2006).

La croissance démographique, l'urbanisation rapide, le rejet des produits chimiques et biologiques provenant des industries et la présence des espèces invasives sont les principaux facteurs qui contribuent à la détérioration de la qualité des eaux.

Pour être consommée, l'eau doit répondre à certains critères de potabilité (NM 03.7.001)

tels que :

- **La potabilité microbiologique** : c'est l'absence, ou la présence à des taux faibles, de microorganismes susceptibles de provoquer des maladies (parfois graves et contagieuses).
- **La potabilité chimique** : c'est l'absence, ou la présence à des taux faibles, de substances chimiques toxiques susceptibles de provoquer des maladies à long terme.
- **La potabilité organoleptique** : absence des changements liés à la couleur, la saveur et l'odeur de l'eau.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail de fin d'étude, dont les objectifs sont les suivants :

- Détermination de l'effet de la chloration sur les paramètres microbiologiques, et physico-chimiques, de l'eau.
- Evaluation de la qualité de l'eau avant et après chloration en faisant une étude comparative avec les normes d'eau potable.

## **Présentation de la RADEEF**

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

L'alimentation en eau potable de la ville de FES et des centres gérés par la Régie est assurée à partir :

- Une production RADEEF : Forages et Sources (24% de la production totale).
- Une production ONEP : Forages et eau traitée de l'oued Sebou (76%).

### **❖ Laboratoire de contrôle de qualité des eaux de la RADEEF**

la Régie dispose d'un laboratoire bien équipé et très moderne pour le contrôle et la surveillance de la qualité de l'eau depuis 1976.

#### **➤ Objectif**

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

#### **➤ Activités**

Les activités du Laboratoire sont très diversifiées :

- Le contrôle de la qualité de l'eau potable est effectué sur l'ensemble du système de distribution (points de captage, réservoirs, réseau), par la réalisation des analyses organoleptiques, physico-chimiques et bactériologiques, suivant des méthodes analytiques de référence indiquées par la norme.
- Le contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection des conduites neuves.
- La réalisation des enquêtes de la qualité de l'eau à la suite des réclamations d'abonnés.

Le lavage et la désinfection des réservoirs et points d'eau

## REVUE BIBLIOGRAPHIQUES

### I. Types d'eau

Il existe 3 différents types d'eau (**Degrémont, 2005**) :

- **Les eaux de surface** : également appelées eaux superficielles. Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Il s'agit des cours d'eau, des océans, des mers, des lacs et des eaux de ruissellement . La protection naturelle de ces eaux est non requise. Pour cela il est nécessaire de faire un traitement exhaustif pour qu'elles deviennent apte à la consommation humaine.
- **Les eaux souterraines** : qui existent dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre. Elles sont issues des précipitations ou de la neige et puis, infiltrent les sols dans les systèmes d'eaux souterraines. Leur niveau de pollution est très faible et donc elles subissent un traitement moins intensif que les eaux superficielles.
- **L'eau du robinet** : ou eau de distribution provient d'eaux de surface (rivières, canaux, lacs...) et d'eaux souterraines. L'eau récupérée est ensuite traitée pour la rendre parfaitement potable.

### II. 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 :

- **La pollution industrielle** avec les produits chimiques que rejettent les industries et les eaux évacuées par les usines.
- **La pollution microbiologique** : 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.

- **La pollution agricole** avec les déjections animales, et l'utilisation massive d'engrais et de pesticides chimiques utilisés par les exploitations agricoles. Par exemple, les nitrates et les phosphates présents dans les produits phytosanitaires pénètrent dans les sols et les nappes phréatiques, contaminant ainsi l'eau d'une manière irrémédiable.
- **La pollution domestique** avec les eaux usées rejetées des lave-linge, lave-vaisselle, les détergents, le chlore qui sert pour la désinfection de l'eau et le plomb qui compose les tuyaux.
- **La pollution par radioactivité**, due en particulier à l'enfouissement sous terrain ou sous-marin de déchets radioactifs. Les catastrophes nucléaires entraînent une dispersion de radioactivité dans l'atmosphère qui se répand dans l'eau (les nappes phréatiques) et se retrouve dans la pluie.

### III. Maladies transmises par l'eau

Les maladies hydriques, appelées aussi les maladies transmises par l'eau, sont provoquées par l'ingestion ou le contact avec des eaux insalubres. Ces eaux non potables sont le vecteur des microorganismes (bactéries, levures, virus, etc.) et des contaminants chimiques (plomb, pesticides...) qui engendrent des troubles et des pathologies pouvant être mortelles. On trouve par exemple (**Haslay et Leclerc, 1993**) :

- **Le choléra** est une maladie infectieuse causée par une infection intestinale par le bacille *Vibrio cholerae*. Il se caractérise par une diarrhée aqueuse profuse et une sévère déshydratation pouvant conduire à un choc et à décès en absence de traitement. Le choléra se retrouve fréquemment dans les pays où il y a un manque d'eau saine, une désinfection insuffisante, une mauvaise hygiène et un surpeuplement.
- **La fièvre typhoïde** est une infection potentiellement mortelle causée par la bactérie *Salmonella typhi*. Elle se transmet généralement par l'absorption d'eau ou d'aliments contaminés par ce germe. Elle est courante dans les pays en voie de développement où les conditions de salubrité et d'hygiène sont déficientes
- **L'onchocercose** est une maladie parasitaire appelée aussi cécité des rivières. Cette pathologie de l'œil est causée par le ver filaire *Onchocerca volvulus*. Elle est transmise aux humains par la piqûre d'une petite mouche noire (une similie). Ces

mouches se reproduisent dans les cours d'eau agités, augmentant le risque de cécité chez les personnes vivant à proximité.

- **La schistosomiase** est considérée comme la deuxième infection parasitaire en importance après le paludisme, provoquée par des trématodes du genre *Schistosoma*. Les larves du parasite, libéré par des gastéropodes d'eau douce, pénètrent dans la peau d'une personne lorsqu'elle est en contact avec une eau infestée.
- **La poliomyélite** (ou «polio») est une maladie virale très contagieuse provoquée par le virus de la poliomyélite. Elle envahit le système nerveux et peut entraîner une paralysie voire la mort en quelques heures. La polio touche principalement les enfants de moins de cinq ans; toutefois, l'infection et la paralysie peuvent survenir chez des personnes de tous âges qui ne sont pas immunisées. Le poliovirus sauvage (PVS) pénètre dans l'organisme par la bouche, dans l'eau ou les aliments qui ont été contaminés par les matières fécales d'un sujet infecté.
- **L'arsenicisme** est une maladie chronique résultant de la consommation d'eau contenant des niveaux élevés en arsenic sur une longue période (tel que de 5 à 20 ans). Elle est également connue comme empoisonnement à l'arsenic. L'OMS recommande une limite de 0.01 mg/l d'arsenic dans l'eau potable.
- **La fluorose** : à l'état naturel, l'eau renferme une certaine quantité de fluore. En faibles concentrations, il protège les dents contre les caries. Mais s'il est absorbé en excès, il peut être à l'origine d'une véritable maladie, la fluorose. Elle s'attaque aux dents, mais aussi aux os. Avec des conséquences déviantes.

#### **IV. Traitement de l'eau potable**

Pour obtenir de l'eau potable, l'eau douce doit subir certains traitements, plus ou moins complexes, en fonction de l'origine de l'eau (souterraine ou de surface). Une eau de surface suivra toujours un traitement complet (physique et chimique). Alors qu'une eau souterraine ne pourra subir qu'un traitement chimique de désinfection. (ONEE, 2012) .Les étapes du traitement de l'eau sont : le captage, le dégrillage et le tamisage, clarification, désinfection et stockage.

##### **1- Captage**

La première étape du processus de potabilisation consiste à pomper l'eau dans son milieu naturel afin de l'acheminer jusqu'à la station.

## 2- Le dégrillage et le tamisage

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

## 3- La clarification

Elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination des matières en suspension, 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, dont l'ensemble forme une masse qu'on appelle le "floc". 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 ou flottation** : L'eau coagulée et floculée entre dans le décanteur à vitesse réduite de façon à éviter les turbulences. Les flocs se déposent au fond de l'ouvrage et l'eau clarifiée est récupérée en surface. A l'inverse, la flottation consiste à favoriser la clarification par entraînement des particules en surface, grâce à la génération de bulles d'air, qui s'accrochent aux matières en suspension et aux flocs.
- **La filtration** : C'est l'élimination des particules invisibles, en suspension. Elle s'effectue le plus souvent sur une couche de sable et sera d'autant plus efficace que les grains seront fins.

## 4- 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.

## 5- Stockage

Une fois rendue potable, l'eau est envoyée dans des réservoirs où elle est stockée avant d'être acheminée par un réseau de canalisations souterraines dans les habitations. On ajoute du

chlore pour maintenir sa qualité tout au long de son parcours dans les canalisations pour atteindre les robinets.

## **V. La chloration**

La chloration est un moyen simple et efficace pour désinfecter l'eau en vue de la rendre potable. Elle consiste à introduire des produits chlorés (pastilles de chlore, eau de javel,...) dans de l'eau pour détruire les microorganismes pathogènes et pour éliminer les matières organiques par oxydation.

## **VI. Norme de potabilité**

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de germes ou substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

La Norme Marocaine (NM 03.7.001) est homologuée par arrêté conjoint du Ministre de l'Industrie, de Commerce et de la Mise à Niveau de l'Economie et du Ministre de L'Equipement et du Transport et du Ministre de la Santé. Cette norme définit l'eau potable comme étant toute eau destinée à la boisson, ou à la préparation, le conditionnement et la conservation des denrées alimentaires destinées au public. Elle fixe les exigences de qualité aux quelles doit satisfaire l'eau destinée pour l'alimentation humaine.

Selon la NM 03.7.001, l'eau potable ne doit contenir, en quantité dangereuse, ni substances chimiques nocives pour la santé ni micro-organismes. En plus elle doit être aussi agréable à boire.

## MATERIEL ET METHODES

### I. Prélèvement de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. En plus, il doit être représentatif et acheminé rapidement vers le laboratoire.

#### 1. Lieu de prélèvement

Les prélèvements ont été réalisés à partir de la source Bourkaize. En effet, cette source est une source fraîche, jaillissant de creux de faille qui se localise au plateau de Sais, d'origine souterrains. Elle se trouve en région de Fès boulomane entre deux petites montagnes, sous une structure de roche énorme à 593 m d'altitude. Les coordonnées géographiques de la source bourkaize sont : 33°54'36''N ET 5°4'48''w en DMS (degré, minute, secondes) (Figure 1).



**Figure1 : Localisation géographique de la source Bourkaize (Google maps).**

Le choix du point de prélèvement devra permettre d'avoir un échantillon représentatif de l'eau qu'on souhaite analyser. En effet, on a évité une eau ayant longuement séjourné dans un ouvrage (réservoir, tuyau, captage). Le prélèvement en conditions d'asepsie de 500 ml est effectué à partir du robinet désinfecté du réservoir de la source Bourkaize, juste après le purgée des canalisations.

La nature du matériau de récipient de prélèvement est importante, car celui-ci ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser (passage en solution d'éléments chimiques entrant dans la composition du flacon ou fixation de certains ions de l'eau sur les parois du récipient). L'échantillon est prélevé dans un récipient stérile de PVC à usage unique. Ensuite, le récipient est conservé dans une glacière à 4 °C et acheminé rapidement au laboratoire.

## **II. Analyse organoleptique**

Les paramètres organoleptiques sont les propriétés de l'eau, telles que la couleur, l'odeur, le goût et l'aspect. Elles sont perceptibles par les organes sensoriels.

### **1- Détermination de l'odeur**

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Dans notre cas, l'odeur de l'échantillon est déterminée par le sens olfactif.

### **2- Détermination de la couleur**

Quand l'eau a une teinte particulière, c'est souvent dû à la présence de la matière organique en décomposition ou des éléments inorganiques, tels que le fer, le cuivre, ou le manganèse. La couleur de notre échantillon d'eau a été évaluée par simple observation visuelle

### **3- Détermination du Goût**

Le goût est déterminé par voie gustative. Le goût est défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque l'eau est dans la bouche.

## **III. Analyse physico-chimique**

Certains paramètres sont mesurés sur le terrain, et aussi au niveau du laboratoire, tels que la température, le chlore résiduel libre et l'oxygène dissous...

### **1- Mesure de la température de l'eau**

La température de l'eau est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle est mesurée au moment du prélèvement à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué.

### **2- Mesure de la turbidité de l'eau**

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 2). Le résultat est exprimé en NTU (unité de turbidité néphélogométrique).



**Figure 2 : Turbidimètre (HACH 2100N)**

### **3- Mesure de la conductivité de l'eau**

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 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



**Figure 3 : Conductimètre (Cond 7310).**

### **4- Mesure du pH de l'eau**

Le pH de l'eau est le reflet de la concentration en ions  $\text{H}^+$ . Il est exprimé comme suit :  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ . 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 situé entre 6,5 et 8,5 (WHO, 2011).

La mesure de pH est réalisée par un pH-mètre (pH 7110) étalonné.



**Figure 4 : pH mètre 7110.**

### **5- Mesure du chlore libre**

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. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration en chlore libre.



**Figure 5 : Comparateur visuel du chlore libre**

## **IV. Analyses bactériologiques de l'eau**

Durant les analyses bactériologiques on a visé les populations suivantes : microorganismes revivifiants (FMAT, Flore Mésophile Aérobie Totale) et les indicateurs de la contamination fécale (les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les entérocoques fécaux).

### **1- Recherche et dénombrement des microorganismes revivifiants**

Les microorganismes revivifiants sont toute bactérie, levure et moisissure, capable de former des colonies dans un milieu de culture nutritif gélosé, sous aérobie, à +22°C et +37°C. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence d'une contamination microbiologique.

La méthode utilisée pour la recherche et le dénombrement des microorganismes revivifiants (FMAT) est le dénombrement par incorporation en gélose de 1 mL de l'échantillon, sur un

milieu ordinaire (gélose à l'extrait de levure). L'incubation des boîtes est effectuée à 37°C pendant 48h et à 22°C pendant 72h pour dénombrer les microorganismes revivifiables à 37°C et 22°C respectivement. Les résultats sont exprimés en UFC/100 mL.

## **2- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

La méthode utilisée est le dénombrement par filtration sur membrane de 0,45 µm. Pour ce faire, 100 mL de l'échantillon à analyser, bien homogénéisée, sont filtrées aseptiquement sur une membrane de 0,45 µm de porosité. A l'aide d'une pince stérile cette membrane est mise à incuber sur un milieu sélectif des coliformes, la gélose de Tergitol-7 au TTC.

L'incubation des coliformes fécaux se fait à 44 °C pendant 24h et celle des coliformes totaux se fait à 37°C pendant 48h. Les résultats sont exprimés en UFC/100 mL.

Les colonies de coliformes fécaux susceptibles d'être *Escherichia coli* subissent des tests de confirmation : test oxydase et test indole.

### **2.1 Test oxydase**

Le test oxydase est utilisé pour déterminer la présence des enzymes oxydases associées aux cytochromes de la chaîne respiratoire. Ce test est réalisé en utilisant des disques de papiers filtre imprégnés d'une solution aqueuse à 1 % de la solution oxydase (dichlorure de tétraméthyl-p-phénylène-diamine). Les disques sont inoculés à la surface avec l'isolat à tester et la réaction est dite positive dans le cas de l'apparition d'une couleur bleue au bout de 30 secondes.

Les coliformes totaux ne possèdent pas l'enzyme appelé oxydase et produisent une réaction négative (oxydase-).

### **1.2 Test de production d'indole**

On utilise le bouillon au tryptophane pour la croissance de l'isolat. Après l'addition du réactif de Kovacs (diméthyl-amino-4-benzaldéhyde), la présence de l'indole est mise en évidence avec la formation d'un composé rouge à la surface du bouillon. *E.coli* est oxydase négative et indole positif.

## **3- Recherche et dénombrement des entérocoques fécaux**

100 mL de l'échantillon à analyser, bien homogénéisée, sont filtrées aseptiquement sur une membrane de 0,45 µm de porosité. A l'aide d'une pince stérile la membrane est mise à

incuber sur le milieu sélectif la gélose Slanetz et Bartley. L'incubation des entérocoques fécaux se fait à 37°C pendant 48h et les résultats sont exprimés en UFC/100 mL.

Les colonies typiques subissent des tests de confirmation sur le milieu gélosé BEA.

L'apparition de colonies noires confirme la présence des streptocoques fécaux.

## Résultats et discussions

### I. Résultats des analyses organoleptiques

Les résultats des analyses organoleptiques effectuées sur de l'eau de la source Bourkaïse sont représentés dans le Tableau 1.

L'analyse organoleptique montre que les échantillons de l'eau analysés ne possèdent ni goût, ni odeur, ni couleur. Ces résultats sont donc compatibles avec les normes marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine (NM 03.7.001). L'absence du goût, de la couleur et de la mauvaise odeur peut être justifiée par l'absence des produits chimiques, d'algues planctoniques et des organismes aquatiques et des microorganismes.

**Tableau 1 : Résultats des analyses organoleptiques des eaux de la source Bourkaïse.**

Paramètre	Résultat
Odeur	Inodore
Goût	Absence
Couleur	Claire

La stagnation de l'eau dans le réseau, la mauvaise qualité de la paroi interne des conduites (corrosion, entartrage), mal entretien des réseaux d'eau peuvent à l'origine du développement d'odeurs ou de goûts désagréables de l'eau distribuée. (BLOCK et al, 1983).

De nombreuses substances chimiques peuvent donner une saveur désagréable à l'eau. Aussi, certains organismes aquatiques (inclus les microorganismes) sont responsables du goût de l'eau, en particulier les actinomycètes et quelques algues qui émettent des substances malodorantes (MOUCHET et al, 1978).

La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer, le manganèse et les substances organiques. En effet, les substances organiques comprennent généralement des algues, des microorganismes, des protozoaires et des produits naturels provenant de la décomposition de la végétation (substances humiques, tanins, ect). ( McNeely, 1979)

## **II. Résultats des analyses physico-chimiques**

Les résultats physico-chimiques de l'eau sont représentés dans le Tableau 2.

Nos résultats montrent que la température de l'eau avant et après chloration est constante (de 20°C). En effet, la température des eaux souterraines est relativement constante toute l'année. Par contre celle des eaux superficielles qui est très variable selon les saisons et peut passer de 2 à 30°C (SAVARY, 2010).

L'analyse des valeurs enregistrées du pH avant et après chloration ne montrent pas de variations notables. Le pH de la source est relativement neutre (7,43-7,55 respectivement).

Pour la conductivité électrique, les valeurs avant et après chloration sont similaires (577 et 563  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivement). On remarque qu'elles sont inférieures à 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ce qui explique la présence d'une teneur moyenne en sels.

La turbidité de la source bourkaize, avant et après chloration, est similaire (de 0,236 et 0,202 NTU respectivement). La valeur de la turbidité est très faible ce qui montre la présence d'une faible quantité des matières fines en suspension.

La concentration du chlore résiduel libre après chloration (0,6 mg/L) est suffisante pour traiter toute contamination éventuelle ultérieure de l'eau dans le réseau de distribution.

Ainsi, les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux, avant et après la chloration, montrent que tous ces paramètres répondent aux exigences de la norme marocaine de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (NM 03.7.001).

**Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques de la source Bourkaize avant et après la chloration.**

Paramètre	Avant chloration	Après chloration	VMA*
Température (°C)	20	20	Acceptable
Ph	7,43	7,55	6.5-8.5
Conductivité (µS/cm)	577	563	2700
Turbidité (NTU)	0,236	0,202	5
Chlore résiduel (mg /L)	0	0,6	0,1-1

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

La diminution de la température entraîne la diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection et entraîne aussi l'augmentation de la viscosité de l'eau. L'augmentation de la température a diverses conséquences comme : la croissance bactérienne, les problèmes de saveur, de couleur, corrosion (**SAVARY, 2010**)

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et un bon marqueur de l'Origine d'une eau (**HCEFLCD, 2006**).

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (**Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973**).

### **III. Résultats des analyses bactériologiques**

Les résultats bactériologiques, avant et après la chloration, sont représentés dans le Tableau 3. Avant la chloration on note la présence de germes revivifiables à 37°C à 3000 UFC/100mL, des germes revivifiables à 22°C de 45000 UFC/100mL, des coliformes totaux à 200 UFC/100mL, des coliformes fécaux, révélés par la présence de *E.coli*, à 100 UFC/100 mL et des entérocoques fécaux à 20 UFC/100mL. (Tableau 3). L'analyse de cette eau montre qu'il

Il y a une contamination bactériologique élevée en germes. Particulièrement, les germes revivifiants et les microorganismes fécaux (témoignant d'une contamination d'origine fécale). Alors, l'eau brute nécessite un traitement bactériologique rigoureux pour la rendre potable.

Cependant, après la chloration de l'eau, les résultats obtenus montrent une réduction notable des germes revivifiants et une élimination totale des EF, CF et CT. Ainsi, ces résultats sont conformes aux normes de potabilité fixées par la législation marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine (NM 03.7.001). Les analyses effectuées après traitement par chloration ont montrées l'efficacité du chlore à désinfecter l'eau et d'éliminer certains germes sensibles.

**Tableau 3 : Résultats des analyses bactériologiques de la source Bourkaize avant et après la chloration.**

Germes recherchés	Concentration microbienne en (UFC/100mL)		VMA * (UFC/100mL)	Aspect des colonies
	Avant chloration	Après chloration		
Coliformes totaux	200	0	0	
Entérocoques fécaux	20	0	0	
Germes revivifiants à 37C°	3000	1400	2000	
Germes revivifiants à 22C°	45000	8800	10000	

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

Les eaux souterraines sont généralement de meilleure qualité que les eaux de surface car elles sont protégées naturellement. Toutefois, il faut se rappeler que ces eaux ne sont pas à l'abri

d'une contamination et qu'un suivi étroit doit être effectué afin de s'assurer de leurs la qualité. La pollution bactériologique des eaux souterraines peut être aussi due à des fuites de canalisations et d'égouts. **Selon NOLA et al. (2006)**, la plupart des bactéries des eaux souterraines proviennent par l'infiltration des eaux de surface vers les eaux souterraines.

## Conclusions

A l'issue de cette étude qui a porté essentiellement sur évaluation de la qualité organoleptique, physico- chimique et bactériologique de l'eau de la source Bourkaize, avant et après la chloration, il ressort que la totalité des paramètres analysés répondent aux normes de potabilité fixées par la législation marocaine (NM 03.7.001) une fois l'eau est traitée avec le chlore.

Cependant, avant la chloration, les indices bactériologiques excèdent la valeur maximale admissible, fixée par la norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine. Par conséquent, l'eau brute de la source Bourkaize nécessite obligatoirement un traitement biologique rigoureux pour la rendre conforme et potable

## Références bibliographiques

- ✚ **BERMOND R., VUICHAARD R., (1973).** Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.
- ✚ **BLOCK J.C, DAMEZ F. , MALLEVIALLE J. 1983** "Evolution de la qualité des eaux dans les réseaux de distribution " 5èmes Journ. Sci. et Tech. Eau, Recherche, Environnement, Lille , p . 203-282.
- ✚ **C. Haslay et H. Leclerc, 1993** « Microbiologie des eau x d'alimentation »,Edition Technique et Documentation Lavoisier
- ✚ **Chartier Marcel M. 1974** Les types de pollutions de l'eau. In: Norois, n°82, Avril-Juin. pp. 183-193.
- ✚ **Dégrémont, 2005,** « Mémento technique de l'eau », Lavoisier-Lexique technique de l'eau. Tome 1, Paris.
- ✚ **(HCEFLCD). (2006).** Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- ✚ **Leynaud G. 1968.** Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881
- ✚ **MOUCHET J, LEROY P, MONTIEL A., RIGAL S. 1978** "Etude sur la Seine – relations entre la qualité de l'eau et la présence des microorganismes et de leurs métabolites sapides " T.S.M. L'Eau, p. 171-180
- ✚ **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.
- ✚ **ONEE, 2012 –** Branche EAU - CCTG Travaux d'eau potable, Tome 6 : Traitement - Version 1
- ✚ **R.N; McNeely, V.P. Neimanis & L. Dwyer (1979)** Water Quality Sourcebook; a Guide to Water Quality Parameters, Environment Canada, Ottawa, 88 p.).
- ✚ **Raymond des Jardins, 2007,** « les traitements des eaux », 2ème édition
- ✚ **Rodier J. 2009.** L'Analyse de l'Eau (9ème édition). Ed. Dunod : Paris
- ✚ **RODIER J, (1986) :** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.8ème édition, Edit. Dunod, Paris. p :1365.
- ✚ **SAVARY P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. Territorial Voiron. 261p.

- ✚ **WHO, 2006.** Guidelines for drinking-water quality. Vol. 1, Recommendations. –3 ed.
- ✚ **World Health Organization, 2011.** Guidelines for drinking-water quality.

### **Références wégraphiques :**

[https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9lose\\_tryptone\\_soja](https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9lose_tryptone_soja) (consulter le 08 /06/2019)

<https://www.culligan.fr/particuliers/faq/qu-est-ce-que-l-eau-potable> (consulter le 10/05/2019)

## Annexes

### I. Milieu tergitol7 agar au TTC

#### 1- Composition

- Peptone pancréatique de viande .....10,0 g/l
  - Extrait de viande .....5,0 g/l
  - Extrait autolytique de levure .....6,0 g/l
  - Lactose .....20,0 g/l
  - Tergitol 7 .....0,1 g/l
  - Bleu de bromothymol .....50,0 mg/l
  - Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium .....25,0 mg/l
  - Agar agar bactériologique.....10,0 g/l
- pH = 7.2

#### 2- Préparation

54,15 g par litre. Stérilisation classique. Le tergitol est ajouté dans le milieu en surfusion préalablement refroidi à 45°C.

### II. Milieu gélose nutritive

#### 1- composition

- Extrait de viande.....1,0g/l
- Extrait de levure ..... 2,5g/l
- Peptone ..... 5,0g/l
- Chlorure de sodium .....5,0 g/l
- Agar.....15,0 g/l

#### 2- Préparation

28 g par litre (stérilisation à l'autoclave)

### III. Milieu slanetz

#### 1- Composition :

- Tryptose ..... 20,0 g/l
  - Extrait autolytique de levure ..... 5,0 g/l
  - Glucose ..... 2,0 g/l
  - Phosphate dipotassique ..... 4,0 g/l
  - azide de sodium ..... 0,4 g/l
  - Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium ..... 0,1 g/l
  - Agar agar bactériologique ..... 10,0 g/l
- pH 7,2 ± 0,2

#### 2- Préparation

- ✚ Dissoudre 42 grammes dans 1 litre d'eau pure.
- ✚ Chauffer sous agitation fréquente et laisser bouillir 1 minute pour dissoudre complètement la suspension. **NE PAS SURCHAUFFER - NE PAS AUTOCLAVER.**
- ✚ Bien mélanger, laisser refroidir à 45-50°C et répartir immédiatement en boîtes.

### IV. milieu (BEA) :

#### 1- Composition :

- Tryptone..... 17,00 g/l
  - Peptone pepsique de viande ..... 3,00 g/l
  - Extrait autolytique de levure..... 5,00 g/l
  - Bile de boeuf bactériologique..... 10,00 g/l
  - Chlorure de sodium..... 5,00 g/l
  - Esculine..... 1,00 g/l
  - Citrate ferrique ammoniacal..... 0,50 g/l
  - Azide de sodium..... 0,15 g/l
  - Agar agar bactériologique..... 13,00 g/l
- pH 7,1 ± 0,1.

#### 2- Préparation

45 g par litre. Autoclavage classique

## V. milieu (TSA) :

### 1- composition

- Peptone de caséine..... 17,0 g/l
- Peptone de farine de soja.....3,0 g/l
- D(+)- glucose.....2,5 g/l
- Chlorure de sodium.....5,0 g/l
- Phosphate dipotassique.....2,5 g/l

### 2- préparation

40 g par litre (stérilisation à l'autoclave)

## VI. Bouillon au tryptophane

### 1- composition

- Tryptone.....10,0 g
  - L-Tryptophane.....1,0 g
  - Chlorure de sodium.....5,0 g
- pH 7,5 ± 0,2.

### 2- préparation

- ✚ Mettre en solution 16,0 g de milieu déshydraté (BK163) dans 1 litre d'eau distillée ou déminéralisée.
- ✚ Agiter lentement jusqu'à dissolution complète.
- ✚ Répartir en tubes, à raison de 3 à 5 mL par tube.
- ✚ Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes.