



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimî

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم علوم التغذية

Département des Sciences Alimentaires



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Intitulé :

**Evaluation de la qualité des eaux de production dans les
abattoirs avicoles de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj**

Présenté par:

HAMMA Maissa & LALAOUNA Nour El Houda

Soutenu le 11/ 0 6 / 2024, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président :	Mme HAMMA Amel	MCA	Université de Bordj Bou Arreridj
Encadrant :	Mme FERAHTIA Amel	MAB	Université de Bordj Bou Arreridj
Co-Encadrant	Mr AIT HAMMOUDA Walid	Doctorant	Université de Blida-1-
Examineur :	Mr TOUATI Noureddine	MCA	Université de Bordj Bou Arreridj

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant ayant donné la santé, la volonté, la patience et qui nous a conduit par la lumière de la compréhension.

Ce mémoire n'aurait pu être réalisé sans le soutien et les conseils de nombreuses personnes. Pour ce faire. Nous vous voudrions exprimer notre profonde reconnaissance aux personnes dont le soutien, la disponibilité, la compréhension et la contribution à divers degrés ont permis la réalisation de ce présent mémoire.

*Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre encadrant **Mme FERAHTIA Amel** d'avoir accepté d'encadrer ce travail.*

*Nos sincères remerciement à notre Co-encadrant **Mr AIT HAMMOUDA Walid** pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire. Sans son aide, ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu voir le jour.*

*Nos vifs remerciements à **Mme HAMMA Amel** de nous avoir honoré en président de jury de soutenance et **Mr TOUATI Noureddine** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos sincères remerciements à la **Direction des Services Agricoles** de la wilaya de Bordj Bou Arreridj de nous avoir accordé l'autorisation d'accès aux abattoirs pour effectuer notre étude.*

Enfin, toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

HAMMA Maissa ET LALAOUNA Nour El Houda

Dédicace

La vie n'est pas facile pour aucun de nous, mais quoi il faut avoir de la persévérance et surtout de la confiance en soi. Il faut croire que l'on est doué pour quelque chose et que cette chose il faut l'atteindre coûte que coûte.

Après mon long parcours scolaire et universitaire, le moment est venu avec l'aide d'ALLAH le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a données durant tous ces années d'études, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

*A mes très chers parents : « **SID ALI, KARIMA** ».*

Ma mère, la lumière de ma vie qui a été toujours mon appui moral, et qui n'a jamais arrêté de m'encourager.

Mon père, qui a toujours été à mes côtés et m'a toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études.

*« **Mon père, ma mère merci pour tout** »*

*A la source de la joie et du bonheur de notre famille, Mon petit frère « **MOHAMED IYADE** ».*

*A mes très chères sœurs « **AFAF, KAOUTHAR, NOUR** » qui étaient toujours près de moi surtout dans les moments difficiles, merci pour votre soutien.*

*A mon binôme « **NOUR EL HOUDA** » qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

*A mes chers grands-parents paternels « **Mohamed, Fatima** » et maternels « **Mansour et Houria** ».*

A mes oncles et mes tantes.

A mes chères cousines sans exception.

Ainsi à toutes ma famille et toutes mes amies.

*A tous mes collègues de ma promo (**QPSA2024**)*

Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

MAISSA

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

A toute ma famille

A mes sœurs Soulef, Naziha et Amel

A toutes mes étudiantes

A toutes mes amies

Et surtout monsieur Fouad et Omar

Et mon cher binôme Maissa

NOUR EL HOUDA

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Listes des tableaux	
Listes des figures	
Liste des abréviations	
Introduction :.....	1

Partie bibliographique

1. La viande volaille	3
1.1. Importance de la viande volaille	3
1.2. La qualité de viande volaille.....	4
1.3. Les aspects de la qualité des viandes	4
1.3.1. La qualité organoleptique.....	4
1.3.2. La qualité nutritionnelle	4
1.3.3. La qualité technologique.....	4
1.3.4. La qualité hygiénique.....	4
2. Les dangers alimentaires dans la viande volailles.....	4
2.1. Les dangers biologiques	4
2.2. Les dangers chimiques	4
2.3. Les dangers physiques.....	5
3. L'origine de contamination de la viande- Concept des 5 M.....	5
3.1. Origine endogène (matières premières et méthodes).....	6
3.2. Origine exogène (main-d'œuvre, matériel, milieu).....	6
3.2.1 Personnel.....	6
3.2.2 Infrastructure et équipements	6
3.2.3 Milieu.....	6
4. L'eau dans l'industrie agro-alimentaire.....	7
4.1 Approvisionnement.....	9
4.1.1 Réseau public d'eau potable	7
4.1.2 Ressources privées.....	7
4.1.3 Le recyclage des eaux usées.....	7
4.2 Utilisation.....	7
5. Caractéristiques de l'eau potable et normes de potabilité	08
5.1. Caractéristiques organoleptiques	08
5.1.1. La couleur	08

5.1.2. L'odeur	08
5.1.3. La saveur	08
5.1.4. La turbidité	08
5.2 Les principaux paramètres physico-chimiques de l'eau potable.....	09
5.2.1 La température (T°).....	09
5.2.2 pH.....	09
5.2.3 La conductivité électrique (CE).....	09
5.2.4 Les matières en suspension (MES).....	09
5.2.5 Le résidu sec (RS)	09
5.2.6 La dureté de l'eau (TH).....	10
5.2.7 Le calcium (Ca ²⁺).....	10
5.2.8 Le Magnésium (Mg ²⁺).....	10
5.2.9 Les chlorures (Cl ⁻)	10
5.2.10 Les nitrates (NO ₃ ⁻)	10
5.2.11 Les nitrites (NO ₂ ⁻)	10
5.2.12 Les sulfates (SO ₄ ²⁻).....	10
5.2.13 Les ortho- phosphates (PO ₄ ⁻³).....	11
5.3 Paramètres toxiques.....	11
5.4 Paramètres microbiologiques	12
5.4.1 Les coliformes totaux.....	12
5.4.2 Les coliformes fécaux	12
5.4.3 Salmonelle	12
5.4.4 Streptocoques.....	13
6. La Législation Algérienne sur l'Eau Potable	13

Matériel et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude.....	15
2. Echantillonnage	15
2.1. Choix des abattoirs.....	15
2.2. Prélèvement des échantillons d'eau	16
2.3. Matériels de prélèvement	16
2.4. Techniques de prélèvement	16
3. Méthodes de mesures et analyses de l'eau.....	17
3.1. Analyses physico-chimiques de l'eau	17
3.1.1 Mesure du potentiel d'hydrogène (pH).....	17
3.1.2 Mesure de la température.....	17

3.1.3 Mesure de la turbidité	17
3.1.4 Détermination des chlorures (Cl ⁻)	18
3.1.5 Dosage des nitrites(NO ₂ ⁻)	18
3.1.6 Dosage des nitrates (NO ₃ ⁻)	18
3.1.7 Détermination du résidu sec(RS)	19
3.1.8 Dosage de calcium (Ca ²⁺)	19
3.1.9 Dosage de magnésium (Mg ²⁺).....	19
3.1.10. Dosage des ortho-phosphates (PO ₄ ³⁻)	20
3.2. Analyses bactériologiques	20
3.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux.....	20
3.2.2 Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	21
3.2.3 Dénombrement des salmonelles.....	21

Résultats et discussion

1.1. La température	22
1.2. Potentielle hydrique (pH).....	22
1.3. Turbidité.....	23
1.4. Le calcium (Ca ²⁺).....	23
1.5. Magnésium (Mg ⁺²)	24
1.6. Chlorures (Cl ⁻)	25
1.8. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	27
1.9. Les ortho-phosphates (PO ₄ ⁻³)	27
1.10. Résidus secs.....	28
2. Les paramètres bactériologiques.....	29
2.1. Coliformes totaux	29
2.1.1 Les Coliformes fécaux	30
2.2. Les streptocoques fécaux	30
2.3. <i>Salmonella</i>	30
Conclusion	32

Références Bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable	09
Tableau 02 : Normes des paramètres physico-chimiques d'une eau potable... ..	11
Tableau 03 : Normes des substances toxiques d'une eau potable	12
Tableau 04 : Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable (OMS, 2006).....	14
Tableau 05 : les résultats des analyses microbiologiques	31

Listes des figures :

Figure 01 : Diagramme d'Ishikawa /diagramme des causes à effets	05
Figure 02 : La situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	15
Figure 03 : Localisation des stations d'échantillonnage	16
Figure 04 : Le turbidimètre	18
Figure 05 : Dosage de nitrate dans l'eau analysé	18
Figure 06 : La détermination du Résidu Sec dans l'eau analysée	19
Figure 07 : Dosage de calcium dans l'eau analysée	19
Figure 08 : Dosage de magnésium dans l'eau analysée	20
Figure 09 : La recherche des Coliformes Totaux et Coliformes Fécaux.....	20
Figure 10 : La recherche de Streptocoques fécaux dans l'eau analysée.....	21
Figure 11 : La recherche des Salmonelles dans l'eau analysée	21
Figure 12 : Valeurs de température enregistrées dans les abattoirs étudiés.....	22
Figure 13 : Valeurs de ph enregistrées dans les abattoirs étudiés	22
Figure 14 : Valeurs de turbidité enregistrées dans les abattoirs étudiés.....	23
Figure 15 : Valeurs de calcium enregistrées dans les abattoirs étudiés.....	24
Figure 16 : Valeurs de magnésium enregistrées dans les abattoirs étudiés	25
Figure 17 : Valeurs de chlorure enregistrées dans les abattoirs étudiés	26
Figure 18 : Valeurs de nitrite enregistrées dans les abattoirs étudiés.....	26
Figure 19 : Valeurs de nitrate enregistrées dans les abattoirs étudiés	27
Figure 20 : Valeurs d'ortho-phosphate enregistrées dans les abattoirs étudiés	28
Figure 21 : Valeurs de résidu sec enregistrées dans les abattoirs étudiés.....	29
Figure 22 : Valeurs de Coliformes totaux dans échantillons d'eau.....	30

Liste des abréviations :

UFC : Unité Formant Colonie.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrie.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

pH : potentiel d'hydrogène.

T : température.

Mg/l : milligramme par litre.

PO₄⁻³ : Ortho-phosphate.

SNV : Science de la nature et de la vie.

C° : degré Celsius.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de bromocresol.

C.F : coliformes fécaux.

C.T : coliformes totaux.

S.F : streptocoques fécaux.

R.S : résidu sec.

Cl⁻ : chlorure.

Mg²⁺ : magnésium.

Ca²⁺ : Calcium.

NO₃⁻ : nitrate.

NO₂⁻ : nitrite.

Introduction

Les viandes de volailles revêtent une importance majeure dans l'alimentation humaine, car elles offrent un apport significatif en protéines tout en présentant une faible teneur en matières grasses, ce qui en fait un choix nutritionnellement avantageux (**Benabdelmoumene, 2016**) qui participent à la satisfaction des besoins nutritionnels liés à la croissance et au maintien de l'organisme en bonne santé. En générale, les modifications apportées au cours de ces dernières années aux différents stades de la filière avicole, ont permis aux viandes de volaille de devenir un produit de grande consommation ; cette évolution a été rendue possible grâce à la mécanisation des techniques d'abattage et l'augmentation de production (**Sebai, 2012**).

En Algérie, la filière avicole a connu une croissance spectaculaire depuis les années 1980, principalement grâce à l'intervention de l'État, ce qui en fait l'une des productions animales les plus dynamiques du pays. Ceci a permis d'améliorer la ration alimentaire du point de vue protéique et de faire vivre actuellement près de deux millions de personnel (**Alloui, 2011; Kaci et Cheriet, 2013**).

De point de vue hygiénique, la viande de volaille est susceptible d'être contaminée au cours de l'abattage, de la préparation et de la transformation. Pour cela, des mesures rigoureuses d'hygiène doivent être instaurées pour éviter l'altération de la viande et l'apparition de foyers de toxi-infections chez l'homme (**Karib et al., 2021**).

L'eau est l'une des matières premières les plus largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire (**Faiveley, 2012**), qui représente avant tout un facteur indispensable pour garantir les conditions d'hygiène. Donc, Le maintien de sa qualité est une tâche essentielle à chaque étape de production, y compris le lavage, la cuisson, la stérilisation, la pasteurisation, les circuits de refroidissement, d'alimentation de chaudière ou encore pour les dilutions de produits semi fini. Elle sert aussi, entre autres, pour le nettoyage des matériels et des locaux et pour l'hygiène du personnel de l'entreprise (**Anses, 2014**).

Un abattoir est une entreprise agroalimentaire spécialisée dans la production et la transformation de viande (bovine, ovine, avicole), qui consomme de grandes quantités d'eau potable au cours de tous le processus de la fabrication de ces produits, Cette eau peut s'avérer la source principale des éventuelles contaminations et altérations lorsque les conditions d'hygiène, de salubrité et de bonnes pratiques ne sont pas respectées. Ainsi, l'industrie agroalimentaire doit prendre toutes les mesures possibles pour s'assurer en tout temps que l'eau est salubre (**Benyahya et al., 2017**).

Notre étude vise principalement à évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de production de sept abattoirs avicoles situés dans différentes régions de la wilaya de Bordj Bou Arreridj, afin de déterminer leur potabilité.

Ce mémoire a été structuré de la manière suivante:

- Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique.
- Le deuxième chapitre comporte la partie matérielle et méthodes décrivant les principes de chaque paramètre.
- Le troisième chapitre est réservé à la présentation et la discussion des résultats obtenus.
- Nous terminerons notre manuscrit par une conclusion.

Partie
Bibliographique

1. La viande volaille :

La viande de volaille désigne les muscles et les tissus comestibles provenant d'oiseaux domestiques, principalement des espèces telles que le poulet, la dinde, le canard et l'oie. C'est une source importante de protéines animales dans l'alimentation humaine.

1.1. Importance de la viande volaille :

La viande peut être intégrée à une alimentation saine, étant un aliment bénéfique adapté à tous les stades de la vie, et elle peut contribuer à atteindre les apports nutritionnels recommandés, et leur valeur nutritive 149 Kcal/100g en moyenne. **(Lecerf, 2014).**

D'après **Fernandez (2007)**, la viande de poulet est susceptible de couvrir 12% des besoins en potassium pour un enfant et 6% pour un adulte, il est riche en nutriments essentiels qui contribuent à répondre aux besoins nutritionnels nécessaires pour la croissance et le maintien d'un organisme, tels que: les minéraux (Fer, Phosphore, Magnésium, Sélénium, Zinc), vitamine (A, E, C et vitamine du groupe B « B1, B2, B3, B6 et B12 ») **(AFSSA, 2006).**

Le foie de poulet est fréquemment recommandé par de nombreux médecins en raison de ses multiples bienfaits, tels que la prévention de l'anémie et des anomalies fœtales, la stimulation de la production de la myoglobine musculaire **(Boudjema, 2019).**

La quantité de glucides présente dans les viandes est extrêmement faible environ 1%, principalement sous la forme de glycogène. La faible quantité de glycogène présente dans le muscle subit une hydrolyse naturelle après l'abattage de l'animal et n'est donc pas présente dans la viande au moment de la consommation **(Oueslati, 2017).**

Les protéines constituent les éléments prédominants des tissus musculaires, représentant ainsi 75 % de la matière sèche. Les viandes de volaille, étant riches en protéines de haute valeur biologique, favorisent la défense contre les infections en stimulant la production d'anticorps **(Brunel et al.,2006).**

1.2. La qualité de viande volaille :

La qualité d'un aliment englobe ses aspects sensoriels, nutritionnels, technologiques, et sanitaires, incluant la gestion des risques chimiques, biologiques et physiques associés à cet aliment.

La qualité de la viande est définie par un ensemble de caractéristiques liées à ses propriétés organoleptiques, diététiques, technologiques et hygiéniques. Il présente une grande variabilité tout au long du processus de transformation, commençant par l'animal vivant, puis passant par la carcasse pour atteindre finalement la viande **(Cartier et Moevi, 2007).**

1.3. Les aspects de la qualité des viandes :

1.3.1. La qualité organoleptique :

Les caractéristiques sensorielles de la viande, comprenant sa couleur, sa tendreté, sa saveur et sa jutosité, sont responsables des sensations de plaisir liées à sa dégustation (**Cartier et Moevi, 2007**).

1.3.2. La qualité nutritionnelle :

La qualité nutritionnelle de la viande concerne sa composition nutritionnelle, englobant sa valeur énergétique ainsi que sa teneur en macro et micronutriments tels que les lipides, les glucides, les vitamines, les oligoéléments et les sels minéraux. (**Bouvier et al.,2006**).

1.3.3. La qualité technologique :

La qualité technologique de la viande se mesure par sa facilité de transformation et de conservation. Elle varie en fonction du produit désiré et peut être évaluée principalement à travers des paramètres tels que le potentiel d'hydrogène (pH) et la capacité de rétention d'eau (CRE) (**Salifou et al., 2013**).

1.3.4. La qualité hygiénique :

La salubrité et la sécurité d'un aliment dépend de ses propriétés sanitaires, qui englobent toutes les caractéristiques assurant une garantie de qualité.

En ce qui concerne la viande, sa qualité hygiénique nécessite la gestion des risques chimiques, biologiques et physiques tout au long du processus, de l'élevage de l'animal à la consommation, en passant par les étapes d'abattage, de transformation et de distribution de l'aliment (**Dognon et al.,2018**).

2. Les dangers alimentaires dans la viande volaille :

Il y a trois catégories de risques alimentaires présents dans les abattoirs et les usines de transformation de la viande : les risques physiques, biologiques et chimiques.

2.1. Les dangers biologiques :

La sécurité alimentaire dépend en grande partie de la qualité microbiologique des aliments. Tout comme la plupart des viandes, la volaille crue est fréquemment sujet à une contamination importante par des micro-organismes. Les dangers biologiques englobent les parasites, les bactéries avec leurs toxines, ainsi que les virus pouvant avoir un effet néfaste sur la santé humaine lors de la consommation de viande de volaille contaminée (**Mckee., 2007**).

2.2. Les dangers chimiques :

Les émissions provenant des actions humaines sont une origine de pollutions environnementales, incluant des métaux lourds tels que le plomb (Pb), le cadmium (Cd), le mercure (Hg) et des dioxines. Les animaux d'élevage peuvent être exposés à ces contaminants,

principalement par le biais de leur alimentation, en consommant des végétaux contaminés en surface ou par le sol, ainsi que des aliments contenant des additifs nutritionnels contaminés (Goulding, 2016).

Les poules pondeuses peuvent transférer des substances chimiques à partir de leur environnement (contaminants) ou de leur alimentation intentionnelle (médicaments, additifs) vers les œufs lors d'une ingestion involontaire (Jondreville *et al.*, 2010).

2.3. Les dangers physiques :

Les dangers physiques se présentent sous la forme de substances étrangères introduites involontairement dans les produits alimentaires, comme des fragments de métal dans la viande hachée, ou d'objets naturels tels que des arêtes de poisson, qui peuvent poser un danger pour le consommateur. Les manipulateurs d'aliments doivent mettre en place des mesures appropriées afin de prévenir les dangers physiques liés aux produits (Goulding, 2016).

3. L'origine de contamination de la viande- Concept des 5 M :

La contamination des aliments peut survenir à différents stades du processus de transformation. Pour améliorer la gestion de la qualité, il est possible d'identifier les étapes les plus critiques à l'aide d'outils bien connus, comme le diagramme des causes et effets d'Ishikawa. Ce diagramme se concentre sur cinq aspects fondamentaux : matières premières, environnement, main-d'œuvre, équipement et méthodes (Figure 01).

Les sources de contamination microbienne de la viande sont variées et d'importance inégale. Divers facteurs contribuent à cette contamination. Selon leur origine, les microorganismes présents dans la viande peuvent être classés en deux catégories : endogènes ou exogènes. (Cartier et Moevi, 2004).

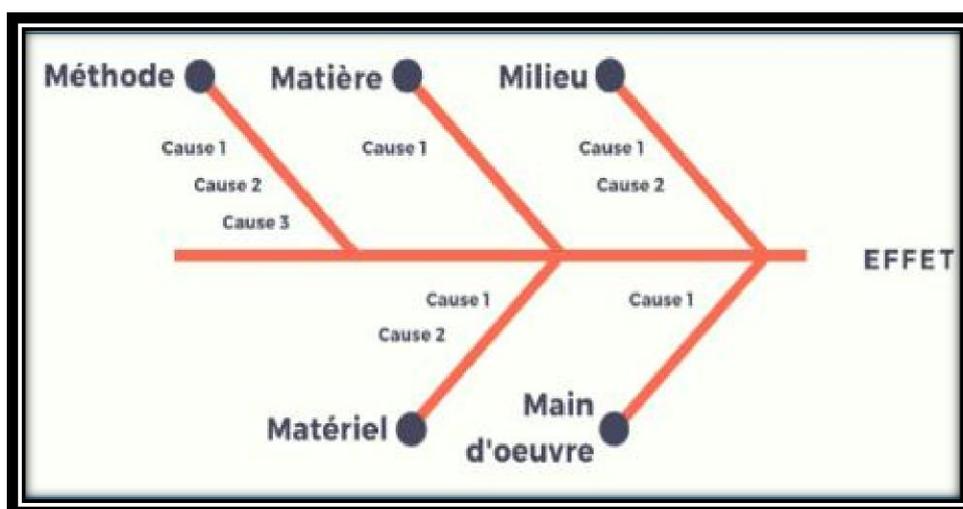


Figure 01 : Diagramme d'Ishikawa /diagramme des causes à effets (Axel et Lefebvre, 2022).

3.1. Origine endogène (matières premières et méthodes)

Il arrive que des animaux apparemment sains (ou porteurs sains) hébergent des germes dangereux dans leur tube digestif. Sous l'effet du stress, comme des conditions d'abattage défavorables, le transport, des accidents ou des traumatismes, ces germes peuvent passer dans le sang puis dans les muscles. Ce phénomène, appelé bactériémie d'abattage, ne laisse aucune lésion visible sur la carcasse (**Bourgeois et al., 1996**).

La contamination endogène est généralement limitée, car les animaux malades ne doivent pas être abattus et sont éliminés lors des contrôles ante mortem réalisés par les services vétérinaires (**Couture et al., 2016**).

3.2. Origine exogène (main-d'œuvre, matériel, milieu) :

L'éviscération ainsi que le matériel et le personnel, chacun de ces contacts entraîne le dépôt de nombreux germes en surface des carcasses (**Hamad, 2009**).

3.2.1. Personnel

Lors de l'abattage, le personnel peut contaminer les carcasses par ses mains sales, ses vêtements mal entretenus, son matériel de travail, l'eau et le sol. Sur la chaîne d'abattage, le risque de contamination est élevé, car le personnel est souvent en contact avec les carcasses et les matières contaminantes lors de l'éviscération (**Cartier et Moevi, 2007**).

3.2.2. Infrastructure et équipements :

Les locaux (sols, murs, plafonds), les équipements (chaîne d'abattage) et le matériel (couteaux, haches, bacs, etc.) peuvent devenir une source de contamination si leur conception est défectueuse (**Hamad, 2009**).

Les sols et les murs présentant des crevasses et des fissures, difficiles à nettoyer, ainsi que les outils et les surfaces de travail mal entretenus, constituent une source de contamination certaine (**Kabede, 1986**).

3.2.3 Milieu :

❖ Eau :

L'eau est largement employée dans les abattoirs, cependant, son utilisation n'est pas dénuée de conséquences néfastes, car elle peut servir de milieu de multiplication pour les germes, particulièrement dans les zones humides qui ne sont pas régulièrement nettoyées (**Andjongo, 2006**).

❖ L'air

L'air peut transporter des microorganismes responsables d'altérations de la viande voire de maladies d'origine alimentaire. Les poussières et les particules véhiculées par l'air ont le potentiel de contaminer les surfaces de travail et les carcasses. Elles peuvent provenir du sol, des vêtements du personnel et des murs (**Andjongo, 2006**).

4. L'eau dans l'industrie agro-alimentaire

L'eau revêt une importance capitale dans l'industrie agroalimentaire, où elle est utilisée à diverses fins telles que le nettoyage des équipements, le traitement des produits alimentaires et la fabrication. Son approvisionnement est donc une préoccupation majeure pour les entreprises du secteur.

Bien que la branche de l'industrie de viande représente une part relativement faible en termes de quantité, elle est très exigeante en termes de qualité, utilisant principalement de l'eau potable. (Ouertani *et al.*, 2016).

4.1 Approvisionnement :

L'approvisionnement en eau pour l'industrie agroalimentaire peut se faire via plusieurs types de sources :

4.1.1 Réseau public d'eau potable

L'eau du réseau public est essentielle pour de nombreuses installations agroalimentaires, étant leur principale source d'approvisionnement. Elle est traitée selon les normes de qualité de l'eau potable.

4.1.2 Ressources privées

L'industrie agroalimentaire utilise parfois des ressources privées telles que les puits, les forages, les sources ou les cours d'eau pour son approvisionnement en eau. (Him-Gonzalez, 2009; Benyahya *et al.*, 2017).

4.1.3 Le recyclage des eaux usées

De nombreuses entreprises agroalimentaires installent des systèmes de recyclage pour traiter les eaux usées générées par leurs processus de production. Cette eau recyclée peut ensuite servir à diverses applications telles que le lavage des équipements ou l'irrigation (Legrand, 2024).

Un défi majeur entravant une utilisation plus répandue de l'eau recyclée est le risque de contamination des aliments et de l'environnement de production (Casani et Knochel, 2002).

4.2 Utilisation :

Selon Del Nery *et al* (2001), L'eau constitue une ressource indispensable pour le fonctionnement d'un abattoir de volailles. En effet, elle est employée pour diverses fonctions spécifiques à ces activités industrielles, notamment :

- Nettoyage et désinfection des équipements, des surfaces de travail et des installations afin de maintenir des normes d'hygiène élevées.
- Refroidissement des carcasses afin de maintenir leur fraîcheur et prolonger leur durée de conservation.
- Echaudage des carcasses d'oiseaux pour faciliter le retrait des plumes.

- Lavage des volailles pour éliminer les résidus et les contaminants superficiels.
- Consommation humaine et sanitaire du personnel travaillant dans l'abattoir.

Pour **Amorim et al (2007)**, les étapes d'échaudage et de plumage dans l'abattage des oiseaux représentent la moitié du total consommation d'eau utilisée pendant tout le processus.

5. Caractéristiques de l'eau potable et normes de potabilité :

➤ Définition de l'eau potable :

L'eau de consommation ou eau potable est une eau douce, chimiquement et biologiquement saine, adaptée à la consommation humaine pour prévenir toute maladie.

Elle doit être exempte de matières en suspension (MES), de micro-organismes et de produits toxiques. Les recommandations concernant les concentrations de minéraux varient d'un pays à l'autre, mais la plupart fixent des limites maximales pour garantir que l'eau est équilibrée et agréable à boire (**EU, 2020**).

5.1. Caractéristiques organoleptiques

Ces paramètres englobent les qualités sensibles de l'eau : couleur, odeur et saveur ainsi que la turbidité. Ils n'ont pas de valeurs sanitaires directes. D'un point de vue sanitaire, une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être parfaitement consommable (**Luc et Lagardette, 2009**).

5.1.1. La couleur :

La couleur de l'eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due uniquement aux substances en solution. Elle est dite apparente lorsque des substances en suspension ajoutent leur propre coloration. Un changement anormal de couleur est souvent un indicateur de pollution de la ressource ou du réseau. (**Savary, 2010**).

5.1.2. L'odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. La présence d'une odeur est un signe de pollution ou de la présence de la matière organique en décomposition des produits chimiques ou des micro-organismes l'apparition d'une odeur dans l'eau potable est souvent un indicateur de dégradation de la qualité de l'eau (**Bordet, 2007**).

5.1.3. La saveur

La saveur désigne le goût de l'eau. Bien qu'elle ne soit pas toujours indicative de la qualité de l'eau, un changement de saveur peut être un indice de dégradation (**Bordet, 2007**).

5.1.4. La turbidité

La turbidité de l'eau est provoquée par des matières telles que l'argile, le limon, les matières organiques et inorganiques fines, ainsi que d'autres organismes microscopiques en suspension (**Boussaid et al., 2018**). Pour l'eau distribuée, la turbidité doit toujours être inférieure ou égale à 5 UTN (**Mahamat et al., 2015**).

Tableau 01 : Normes des paramètres organoleptiques d'une eau potable.

Paramètres organoleptiques	Unité	Norme (OMS, 2011)	Norme (UA, 1998)	Norme (Algérienne, 2014)
Turbidité	Unité NTU	< 5	2	5
Couleur	mg/l de platine	15	-	15
Odeur (seuil de perception à 25°C)	Taux dilution	4	2	4
Saveur (seuil de perception à 25°C)	Taux dilution	2	4	4

5.2 Les principaux paramètres physico-chimiques de l'eau potable

5.2.1 La température (T °C)

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit au contrôle des réactions physiques, chimiques et biologiques (**Nouayti et al., 2015**). Pour l'eau potable, la T° maximale acceptable est de 25 °c car on admet que l'eau doit être rafraichissante.

5.2 .2 pH :

Le pH influences les phénomènes de corrosion ou d'entartrage des conduites (**Bouziani, 2000**). Il est généralement admis que le pH des eaux de consommation doit se situer entre 6,5 et 8,5 (**JORA, 2011**).

5.2 .3. La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, influencée par des facteurs tels que la quantité de substances dissoutes, la capacité d'ionisation, la charge ionique, la température et la mobilité des ions. Elle est également utilisée pour évaluer le degré de minéralisation de l'eau (**Kouidri,2006**).

5.2 .4. Les matières en suspension (MES)

Dans l'eau potable se réfèrent aux particules solides ou semi-solides présentes dans l'eau et qui ne sont pas dissoutes (**Dégremont, 2005**). La présence de MES peut rendre l'eau trouble et réduire sa clarté et sa transparence.

5.2 5. Le résidu sec

Les résidus dans l'eau potable désignent la quantité de substances dissoutes restant après évaporation de l'eau. Selon **Boussaid et al., (2018)**, il s'agit principalement de sels minéraux et d'autres composés dissous qui peuvent affecter la qualité de l'eau.

5.2 .6. La dureté de l'eau (TH)

Dans la plupart des cas, la dureté est surtout due aux ions Ca^{2+} et Mg^{2+} auxquels s'ajoutent quelquefois les ions Fe^{2+} , Mn^{2+} et Sr^{2+} (**Rodier, 2005**), C'est une mesure courante de la façon dont l'eau réagit avec le savon, car une eau dure nécessite beaucoup de savon pour produire de la mousse (**OMS, 2017**).

5.2 .7. Le calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un minéral essentiel présent dans l'eau potable, provenant principalement des roches calcaires et des minéraux dissous. Il contribue à la dureté de l'eau (**Ayad et Kahoul, 2016**).

15.2 .8. Le Magnésium (Mg^{+2})

La plupart des eaux naturelles contiennent généralement de petites quantités de magnésium. Cet élément est un facteur important de la dureté de l'eau et peut lui donner un goût désagréable. Sa concentration dépend de la composition des roches sédimentaires traversées (**Ayad et Kahoul, 2016**).

5.2 .9. Les chlorures (Cl^-)

Les chlorures sont des ions inorganiques significatifs présents en concentrations variables dans les eaux naturelles, principalement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent considérés comme un indicateur de pollution et peuvent avoir un impact sur la vie aquatique ainsi que sur la croissance des plantes (**Makhoukh, 2011**).

5.2 .10. Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont des ions naturellement présents dans l'environnement, principalement issus de la décomposition de la matière organique (**Dinepa et al., 2013**). Au fil du temps, ils ont la capacité de s'accumuler dans les eaux souterraines, qui peuvent être exploitées ultérieurement comme sources d'eau potable (**Hailu, 2017**).

5.2 .11. Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont également présents dans l'environnement, mais à des concentrations généralement plus faibles que les nitrates. Ils résultent de l'oxydation partielle de la matière organique (**Belghiti et al., 2013**). Cependant, la présence d'une concentration élevée de nitrites dans l'eau est souvent liée à une dégradation de sa qualité microbiologique (**Savary, 2010**).

5.2 .12 Les sulfates

Les sulfates présents dans l'eau proviennent principalement de certains minéraux, notamment le gypse, ainsi que de l'oxydation des minéraux sulfureux (**Beriere, 2000**). Bien que des niveaux excessifs puissent avoir un impact sur le goût de l'eau et sur la santé, notamment en provoquant des effets laxatifs chez certaines personnes sensibles (**Ayad, 2016**).

5.2 .13. Les ortho- phosphates (PO_4^{3-})

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents), engrais (pesticides...etc.) (Mercier, 2000).

Tableau 02 : Normes des paramètres physico-chimiques d'une eau potable.

Paramètres physico-chimique	Unité	Norme (OMS, 2011)	Norme (Algérienne,2014)
Température	C°	< 25	-
Ph	-	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5
Conductivité	μ s/cm	2800	Max 2800
Résidus secs	Mg/l après séchage	Max 2000	1.5 à 2
Alcalinité totale	F° (degré français)	> 2.5	10 à 50
Dureté totale	F° (degré français)	< 15	200 à 500
Chlorure	Mg/l de Cl^-	200	200 à 500
Sulfate	Mg/l de SO_4	200	200 à 400
Sodium	Mg/l de Na^+	200	200
Calcium	Mg/l	200	200
Magnésium	Mg/l	150	150
Potassium	Mg/l	12	12
Nitrite	Mg/l	<0.1	0.2
Nitrate	Mg/l	<50	50
Ortho phosphate	Mg/l	<0.5	0.2
Ammonium	Mg/l	<0.5	-

5.3. Paramètres toxiques

Ces paramètres incluent les métaux lourds (comme le plomb et le chrome), les substances chimiques (telles que les pesticides, les nitrates et les nitrites), les substances radioactives (comme le radon et l'uranium) et les produits de désinfection (tels que le chlorure). Ils doivent être régulièrement surveillés et contrôlés pour garantir que l'eau potable est exempte de contaminants toxiques et sûrs pour la consommation humaine (OMS, 2022).

Tableau 03. Normes des substances toxiques d'une eau potable.

Paramètres Toxiques	Unité	Norme (OMS, 2011)	Norme (UE, 1998)	Norme (Algérienne, 2014)
Arsenic	mg/l	0.01	0.01	Au maximum 0.05
Cadmium	mg/l	0.003	0.005	Au maximum 0.01
Cyanure	mg/l	0.07	0.05	Au maximum 0.05
Chrome	mg/l	0.05	0.05	Au maximum 0.01
Mercure	mg/l	0.001	0.001	Au maximum 0.01
Plomb	mg/l	0.01	0.01	Au maximum 0.05
Sélénium	mg/l	0.01	0.01	Au maximum 0.01

5.4. Paramètres microbiologiques

Ce sont des paramètres ou des indicateurs permettant de contrôler la qualité bactériologique de l'eau, en se basant sur la présence ou l'absence d'organismes d'origine intestinale telle que les Coliformes Totaux, *Escherichia coli*, Entérocoques Intestinaux et *Clostridium perfringens* (OMS, 2017).

5.4.1. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont des entérobactéries qui regroupent des espèces bactériennes présentes dans l'intestin des animaux homéothermes, ainsi que dans l'environnement, notamment dans les sols, la végétation et l'eau. Ce groupe bactérien est utilisé depuis longtemps comme indicateur de la qualité microbienne de l'eau, car il peut être indirectement associé à une pollution d'origine fécale. La majorité des espèces est non pathogène et ne présente pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (Maude Michaud, 2019).

5.4.2. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à une température de 44°C.

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli*, suivie, dans une moindre mesure, par certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter*, et *Klebsiella*. *E. coli* représente néanmoins 80% à 90% des coliformes fécaux détectés, indiquant généralement une contamination d'origine fécale (Marchal, 1982).

5.4.3. Salmonelle

Les Salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram négatifs, en forme de tige, aéro-anaérobies facultatives ne fermentant pas le

lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂ S, hautement pathogènes (Rodier *et al.*, 2009).

Le genre *Salmonella* est responsable de trois pathologies ; les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes, les gastro-entérites et les toxi-infections alimentaires collectives.

5.4.4. Streptocoques :

Les Streptocoques fécaux sont généralement pris globalement en compte des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs et immobiles (Bourgeois *et al.*, 1991).

Tableau 04 : Normes et recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (OMS, 2006).

Paramètre	Unité	Recommandation
Coliformes fécaux / <i>E. coli</i>	Germe/100 ml	0
Coliformes totaux	Germe/100ml	< 10
Streptocoques fécaux	Germe/100 ml	0
<i>Clostridium sulfito réducteur</i>	Germe/20ml	0
<i>Salmonella</i>	Germe/100 ml	0

6. La Législation Algérienne sur l'Eau Potable :

La législation algérienne sur l'eau potable vise à garantir que l'eau distribuée aux consommateurs est de haute qualité, sécurisée et conforme aux standards internationaux. La mise en œuvre de ces lois et décrets est essentielle pour protéger la santé publique et gérer efficacement les ressources en eau du pays.

Loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau : Cette loi est le cadre juridique principal régissant la gestion, la protection et l'utilisation des ressources en eau en Algérie. Elle définit les principes de base pour la gestion des ressources en eau, y compris l'eau potable.

Décret exécutif n° 11-219 du 12 juin 2011 fixant les conditions et modalités de la gestion intégrée des ressources en eau : Ce décret précise les conditions et modalités pour une gestion intégrée des ressources en eau, avec un accent sur la durabilité et la protection de l'environnement.

Décret exécutif n° 93-260 du 6 novembre 1993 relatif à la potabilité des eaux destinées à la consommation humaine : Ce décret fixe les normes de qualité que doit respecter l'eau potable, en définissant les limites admissibles pour divers contaminants chimiques, biologiques et physiques.

Arrêté interministériel du 21 juillet 2008 fixant les limites et références de qualité des eaux brutes superficielles et souterraines : Cet arrêté établit les critères de qualité pour les eaux brutes qui sont destinées à être traitées pour la production d'eau potable.

Arrêté interministériel du 21 juillet 2008 fixant les modalités de surveillance et de contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine : Cet arrêté précise les méthodes de surveillance et de contrôle de la qualité de l'eau potable, incluant les fréquences d'échantillonnage et les techniques d'analyse.

Matériel et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude :

La wilaya de Bordj Bou Arreridj s'étend sur une superficie de 3 920,42 km². Géographiquement, elle est comprise entre les latitudes Nord 36°4'60" et les longitudes Est 4°45'0", Sa population était de 730700 habitants en 2024, ce qui donne une densité de population de 186 habitants par kilomètre carré. Située sur les hauts plateaux de l'Est du pays, elle s'étend sur l'axe Alger-Constantine et est limitée (ANDI, 2014) :

- Au Nord, par la wilaya de Bejaia ;
- A l'Est, par la wilaya de Sétif ;
- A l'Ouest, par la wilaya de Bouira ;
- Au Sud par la wilaya de M'Silla.

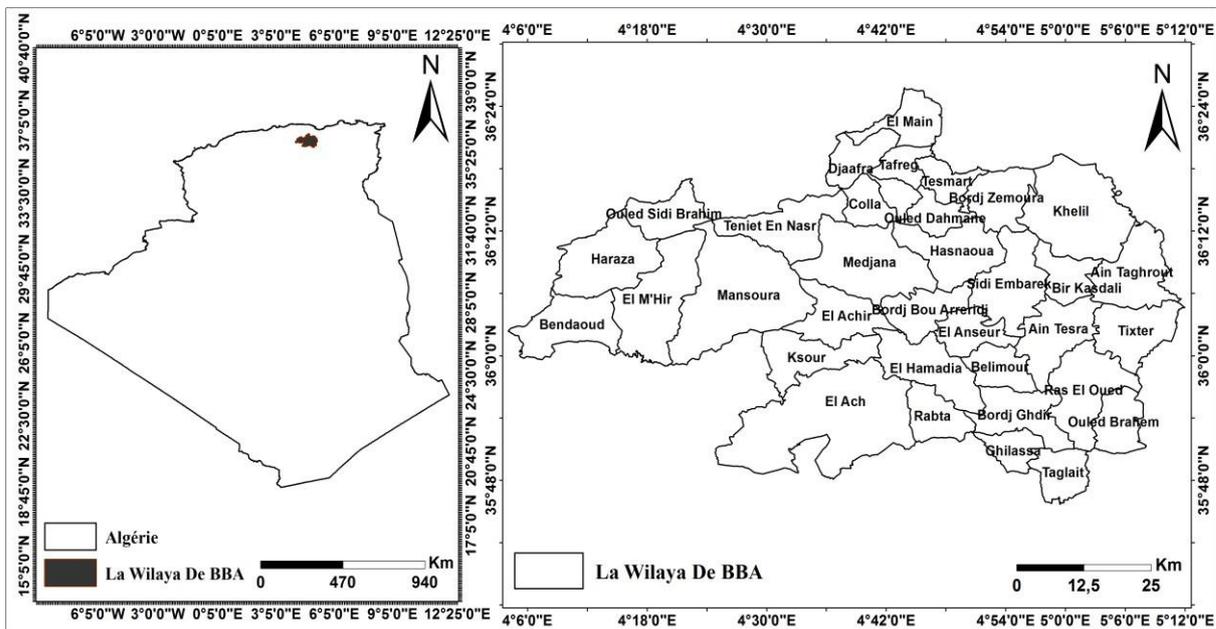


Figure 02 : La situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

2. Echantillonnage

2.1. Choix des abattoirs

Des prélèvements d'eau ont été effectués dans 7 abattoirs différents au niveau de la wilaya de Bordj Bou Arreridj :

- Deux échantillons sont localisés dans la commune de Medjana (Abattoir Oussaleh /Abattoir Benmmeni).
- Deux échantillons sont localisés dans la commune de Hamadia (Abattoir Djefel /Abattoir Merzougui).
- Un abattoir situé dans la zone industrielle de Bordj Bou Arreridj (Dahmani).
- Deux abattoirs situés dans la commune el Achir exactement dans Lachbor Mokrani et Hadji).

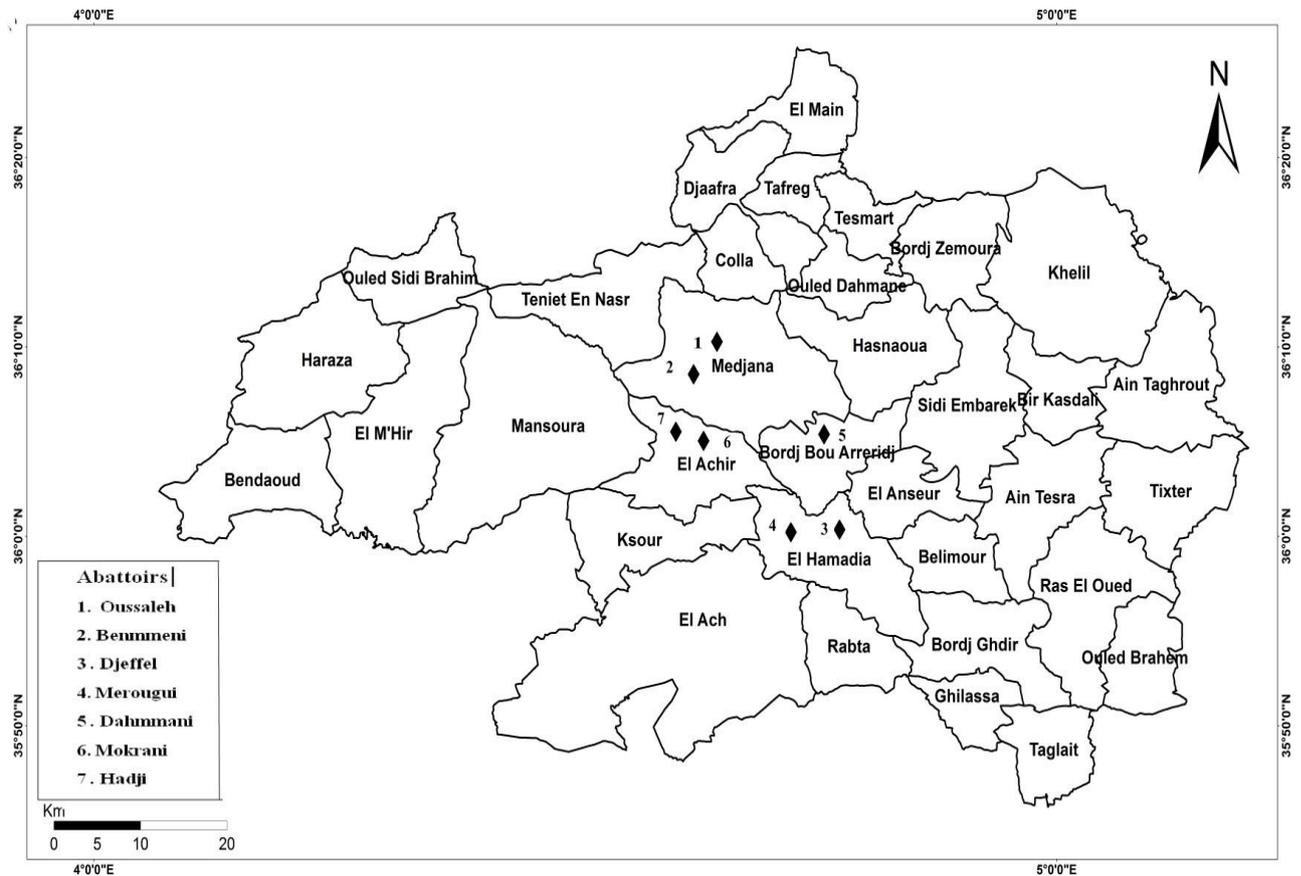


Figure 03 : Localisation des stations d'échantillonnage.

2.2. Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une procédure délicate, qui nécessite une grande attention et une extrême précision. Pour accomplir cela, il doit remplir les conditions suivantes :

- La quantité de l'eau prélevée doit être adéquate pour garantir une analyse précise.
- Toutes les informations concernant les échantillons doivent être clairement indiquées, et le flacon doit être étiqueté de manière appropriée afin d'éviter toute erreur.
- Les échantillons doivent être collectés, stockés et transportés dans des flacons stériles appropriés, notamment pour les analyses bactériologiques.

2.3. Matériel de prélèvement

- Etiquettes, feutre permanent et Briquet.
- Glacière et glace.
- Bouteilles jetables en matière plastique 1,5L pour les analyses physicochimiques.
- Flacons en verre stériles de 250ml pour les analyses bactériologiques.

2.4. Techniques de prélèvement

La procédure de prélèvement de l'échantillon consiste à :

- flambée énergiquement le robinet, avant de faire le prélèvement, avec le briquette ;
- laisse couler l'eau pendant 3 minutes ;

- Remplissez ensuite le flacon, fermez-le et stérilisez-le avec un briquette ;
- Fermer le flacon, l'identifier en marquant date, heure et le nom de préleveur.

L'échantillon doit être placée dans une boîte isotherme munis réfrigèrent dont la température doit être comprise entre 4 et 6 C° dans un délai maximale de 8 heures. Pour prévenir toute altération de la qualité physico-chimique détenteur des eaux une fois dans le flacon, toutes les analyses sont réalisées dans les délais les plus courts possibles.

Les échantillons prélevés sont transportés rapidement au laboratoire dans une glacière assurant leur conservation à environ +4°C jusqu'au moment de leur analyse.

3. Méthodes de mesures et analyses de l'eau

Les analyses physico-chimiques de l'eau ont été réalisées au niveau des laboratoires pédagogiques de l'université de Bordj Bou Arreridj (département SNV).

Les analyses bactériologiques de l'eau ont été réalisées au niveau de laboratoire d'hygiène de la direction de la santé et de la population dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

- Les méthodes analytiques utilisées sont décrites par (**Rodier, 1996 ; Rodier et al., 2009**).
- Pour le mode opératoire et les réactifs utilisés de mesure des différents paramètres physico-chimiques et bactériologique conférer à l'Annexe I.

3.1. Analyses physico-chimiques de l'eau

3.1.1 Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

➤ Principe

Le pH des eaux étudiées est évalué à l'aide d'un pH-mètre de Paillasse de type (HANNA, 340i WTW).

3.1.2 Mesure de la température

➤ Principe

La température a été mesurée en immergeant directement le thermomètre dans le flacon d'eau à analyser pendant 5 minutes, avec la lecture effectuée à travers les parois du flacon.

3.1.3 Mesure de la turbidité

➤ Principe

La turbidité est évaluée à l'aide d'un turbidimètre de type « Hach », utilisant une cellule photo-électrique selon la méthode de la néphélométrie. Les résultats sont rapportés en unités de turbidité néphélométriques (NTU).



Figure 04: le turbidimètre

3.1.4 Détermination des chlorures (Cl⁻)

➤ Principe

En milieu neutre, à un pH de 6,7 à 7, une solution de nitrate d'argent est utilisée pour titrer une quantité déterminée de solution de chlorure de sodium. Cette réaction est réalisée en présence de chromate de potassium.

3.1.5 Dosage des nitrites(NO₂⁻)

➤ Principe

En présence d'ions ammonium et de phénol, l'acide sulfanilique réagit en milieu chlorhydrique avec les ions NO₂⁻ pour former un complexe coloré jaune, dont l'intensité est directement liée à la concentration en nitrites.

3.1.6 Dosage des nitrates (NO₃⁻)

➤ Principe

En présence de salicylate de sodium, les ions nitrates réagissent pour former du paranitrosalicylate de sodium, qui prend une coloration jaune et peut être dosé par spectrométrie.

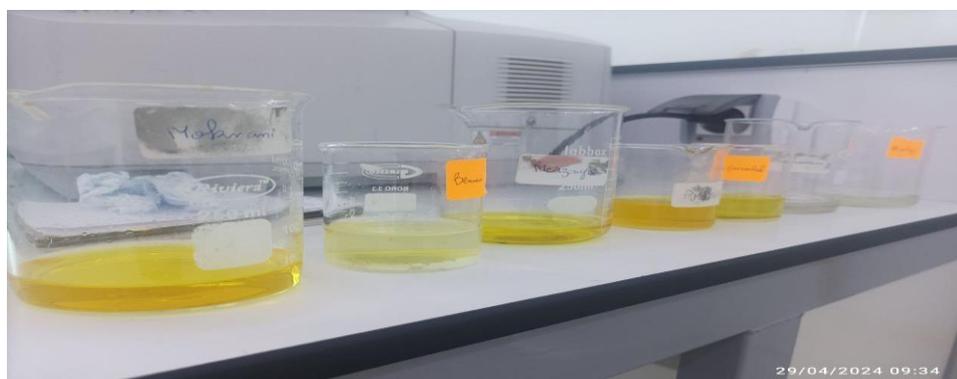


Figure 05 : dosage de nitrate dans l'eau analysé.

3.1.7 Détermination du résidu sec(RS)

➤ Principe

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.



Figure 06 : la détermination du Résidu Sec dans l'eau analysée

3.1.8 Dosage de calcium

➤ Principe

Le calcium est quantifié en utilisant une solution aqueuse d'E.D.T. A à un pH situé entre 12 et 13. Ce processus de dosage est effectué en présence de murexide. L'E.D.T. A réagit initialement avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium liés à l'indicateur, provoquant ainsi un changement de couleur (pourpre).



Figure 07: dosage de calcium dans l'eau analysée

3.1.9 Dosage de magnésium

➤ Principe

On mesure le magnésium en utilisant une solution aqueuse d'EDTA, en présence de noir ériochrome. Initialement, l'EDTA réagit avec les ions de magnésium libres, puis avec les ions de magnésium liés à l'indicateur, entraînant un changement de couleur de violet à bleu.



Figure 08 : dosage de magnésium dans l'eau analysée

3.1.10. Dosage des ortho-phosphates

➤ Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates réagissent pour former un complexe phospho-molybdique. Ce complexe, une fois réduit par l'acide ascorbique, génère une coloration bleue qui peut être mesurée par spectrophotométrie.

3.2. Analyses bactériologiques

3.2.1. Dénombrement des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux

La technique en milieu liquide BCPL fait appel à deux tests, le test de présomption est réservé à la recherche des Coliformes totaux, le test de confirmation réservé à la recherche des Coliformes fécaux à partir des tubes positifs.

Test de présomption. Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple concentration (S/C), Test de confirmation réactif de kovacs pour la recherche d'E. Coli.



Figure 09 : la recherche des Coliformes Totaux et Coliformes Fécaux dans l'eau analysée

3.2.2 Dénombrement des Streptocoques fécaux

➤ Principe

Les streptocoques du groupe D sont souvent considérés comme des indicateurs de pollution fécale, car ils sont tous présents dans l'environnement fécal. Ils apparaissent sous forme de cocci Gram positif, arrondis à ovales, formant des chaînettes et ne possédant pas de catalase, mais présentant l'antigène du groupe D. Ils peuvent se développer en 24 à 48 heures à 37°C sur le milieu de Rothe.



Figure 10 : la recherche de Streptocoques fécaux dans l'eau analysée

3.2.3 Dénombrement des salmonelles

➤ Principe

Les Salmonelles sont des bactéries entérobactéries, apparaissant sous forme de bacilles Gram négatif, en forme de tige. Ce sont des organismes aéro-anaérobies facultatifs qui ne fermentent pas le lactose, mais qui fermentent le glucose avec production de gaz et de sulfure d'hydrogène (H₂S). Elles sont hautement pathogènes. L'isolement a été réalisé sur un milieu de culture solide appelé Hektoen.



Figure 11 : la recherche des *Salmonelles* dans l'eau analysée

Résultats et discussion

1. Paramètres physico-chimiques

1.1. La température

La température de l'eau joue un rôle fondamental dans toutes les réactions chimiques et biochimiques, ainsi que pour le développement et la croissance des organismes vivants dans l'eau (Achmit *et al.*, 2017).

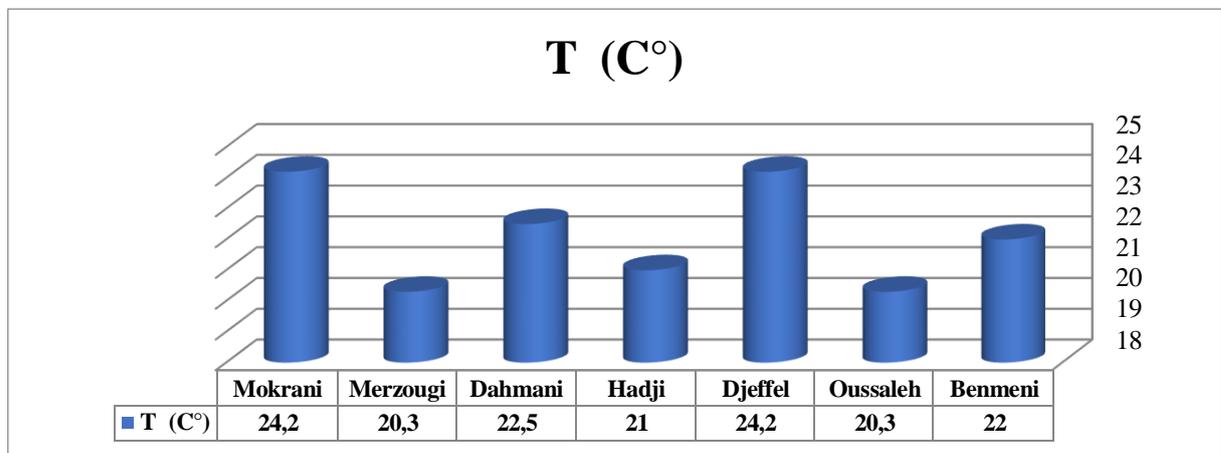


Figure12 : Valeurs de température de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

La température des eaux de production dans les abattoirs avicoles étudiés oscille entre 20,3°C et 24,2°C, affichant une légère variabilité entre les différents échantillons. Selon **Berryman *et al.*, (2003)**, les températures élevées ont un impact sur la dynamique des communautés bactériennes. Cependant, les valeurs de température trouvées dans notre étude respectent les normes algériennes ainsi que les recommandations de l'OMS, qui fixent une limite de 25C° pour l'eau potable.

1.2. Potentielle hydrique (pH)

Dans notre étude, les mesures de pH varient entre 7 et 8,78. Ces résultats indiquent un pH globalement alcalin. Cependant, toutes les valeurs restent dans les limites des normes algériennes (entre 6,5 et 9) et correspondent aux recommandations de l'OMS (entre 6,5 et 8,5), Excepté l'échantillon provenant de l'abattoir Djefel, dont le pH est mesuré à 8,78.

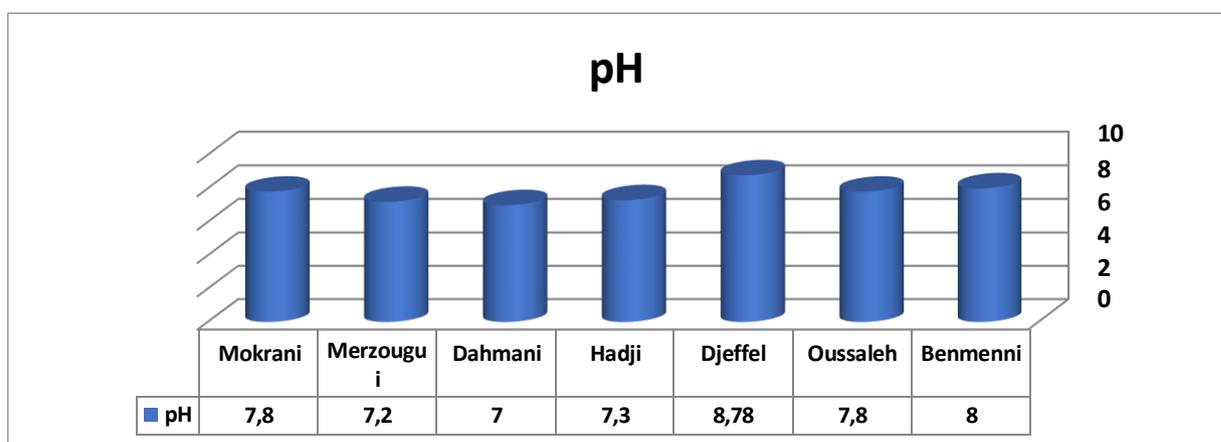


Figure 13: Valeurs de pH de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

Le pH influence le goût de l'eau, sa corrosivité (ce qui affecte les installations et les équipements), sa solubilité ainsi que la spéciation des ions métalliques. Par exemple, à des niveaux de pH bas, la concentration totale de métaux lourds dans l'eau peut augmenter (Ghazali et Zaid, 2013; Hanon et Rouelle, 2011). Il est bien établi que la majorité des microorganismes se développent de manière optimale à des valeurs de pH proches de 7,0 (6,6-7,5). De plus, le pH influence leur capacité à se multiplier ou à survivre dans les aliments (Moussaoui et Bouaziz, 2009; MAPAQ, 2018).

1.3. Turbidité

Nos échantillons ont présenté des turbidités oscillant entre 0,08 et 1,16 NTU, ce qui est conforme aux normes algériennes fixant la valeur maximale à 5 NTU. La turbidité est une mesure essentielle de la qualité de l'eau potable. Elle se réfère à la clarté ou à la transparence de l'eau, influencée par la présence de particules en suspension telles que le limon, l'argile, les matières organiques, les micro-organismes et d'autres substances (Rodier, 2005).

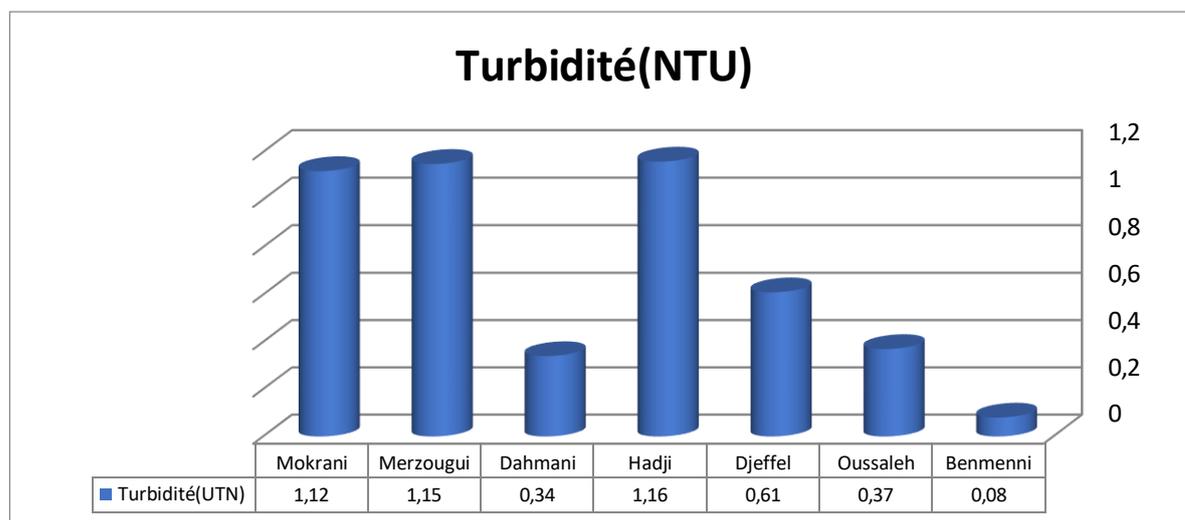


Figure 14: Valeurs de turbidité de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

Une eau turbide peut présenter plusieurs risques pour la santé publique, notamment en raison de la présence potentielle de micro-organismes pathogènes et de l'impact sur l'efficacité de la désinfection (OMS, 2017).

1.4. Le calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009). Les teneurs en calcium des eaux contrôlées varient entre 128 mg/l et 250 mg/l. Cependant, les valeurs relevées dans toutes les stations de prélèvement sont inférieures aux normes algériennes ainsi qu'aux recommandations de l'OMS, qui sont d'environ 200 mg/l. À l'exception des échantillons d'eau prélevés à l'abattoir Dahmani, qui affiche une concentration de 250 mg/l, et à Mokrani, qui présente une concentration de 232 mg/l.

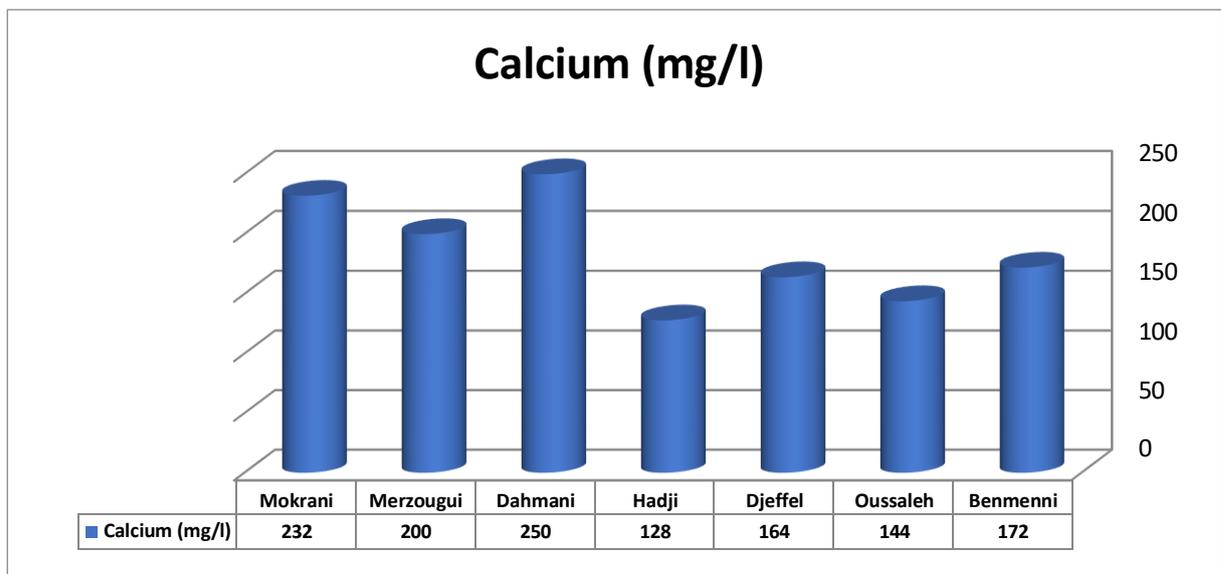


Figure 15 : Valeurs de calcium de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

La présence de calcium à des concentrations élevées dans l'eau potable peut en effet affecter le goût et l'odeur de l'eau, et également réduire sa capacité à former de la mousse. Cela peut avoir des implications importantes pour divers processus industriels et de nettoyage (OMS, 2006; WHO, 2011).

Selon Sentandreu *et al.*, (2002), Les enzymes protéolytiques endogènes, telles que les protéases à cystéine cytoplasmiques qui activé par le calcium (lorsque l'eau dur est utilisée pour laver ou cuire de la viande), ont la capacité d'hydrolyser les protéines, y compris les contacts myofibrillaires dans les tissus musculaires, qui peut affecter la structure et la texture de la viande, ainsi que ses propriétés sensorielles telles que la tendreté et la jutosité.

1.5. Magnésium (Mg^{+2})

Le magnésium est l'un des minéraux les plus abondants dans l'eau potable naturelle. Il est souvent présent sous forme d'ions dissous (Mg^{2+}) provenant de la dissolution des minéraux dans les sols et les roches traversés par l'eau (Nouayti *et al.*, 2015).

Les résultats obtenus montrent que, la majorité des valeurs enregistrées sont inférieures aux normes algériennes et de l'OMS pour les eaux potables, qui fixent une limite de 150 mg/l pour la concentration en magnésium.

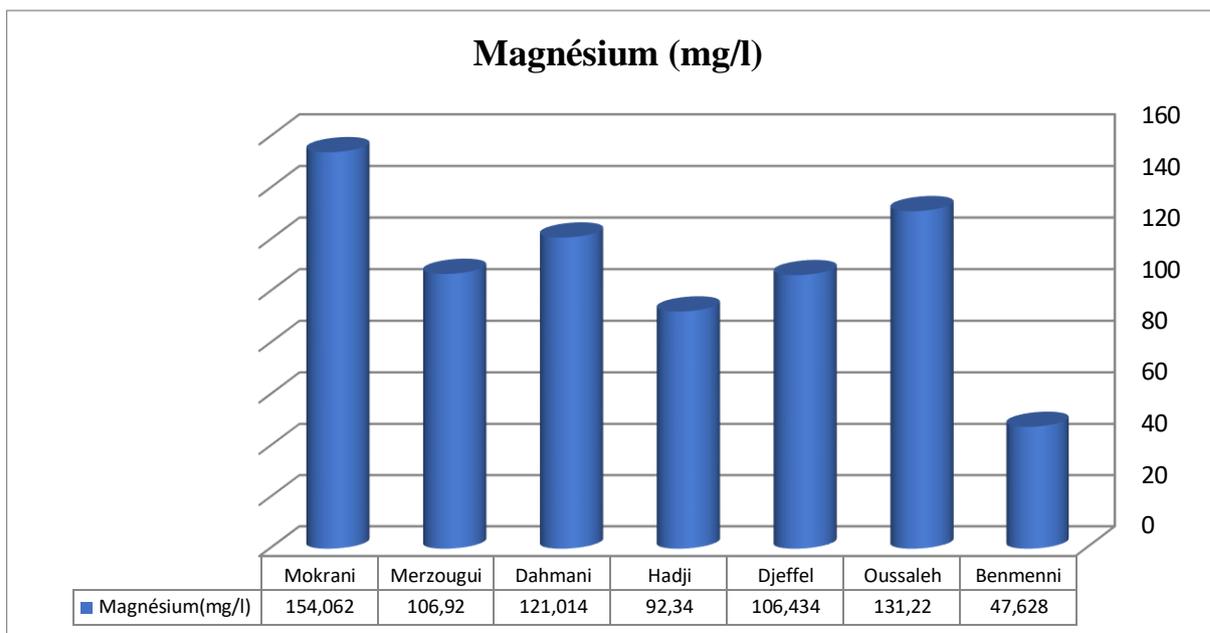


Figure 16 : Valeurs de magnésium de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés

Le magnésium est important pour la santé humaine lorsqu'il est présent à des niveaux adéquats. Cependant, des concentrations élevées de magnésium dans l'eau potable peuvent modifier son goût en lui donnant un arrière-goût amer ou désagréable. De plus, cela peut contribuer à une augmentation de la dureté totale de l'eau (**Rodier et al., 2009**).

1.6. Chlorures (Cl⁻)

Dans notre étude La teneur en chlorure des eaux contrôlées sont comprise entre 433,1 mg/l et 649,65mg/l comme valeur minimale et maximale. En comparant aux normes recommandées par l'OMS et aux limites fixées par la législation algérienne pour l'eau potable (500 mg/l), la plupart des échantillons montrent des niveaux de chlorures non conformes.

Les chlorures représentent un facteur significatif de la pollution des eaux, avec des niveaux élevés pouvant altérer le goût de l'eau de manière désagréable (**Tfeila et al., 2016**). Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (**Belghiti et al., 2013**). Cette corrosion peut entraîner des dommages aux infrastructures telles que les canalisations, les réservoirs et les équipements de traitement de l'eau, ce qui peut compromettre la qualité et la sécurité de l'approvisionnement en eau.

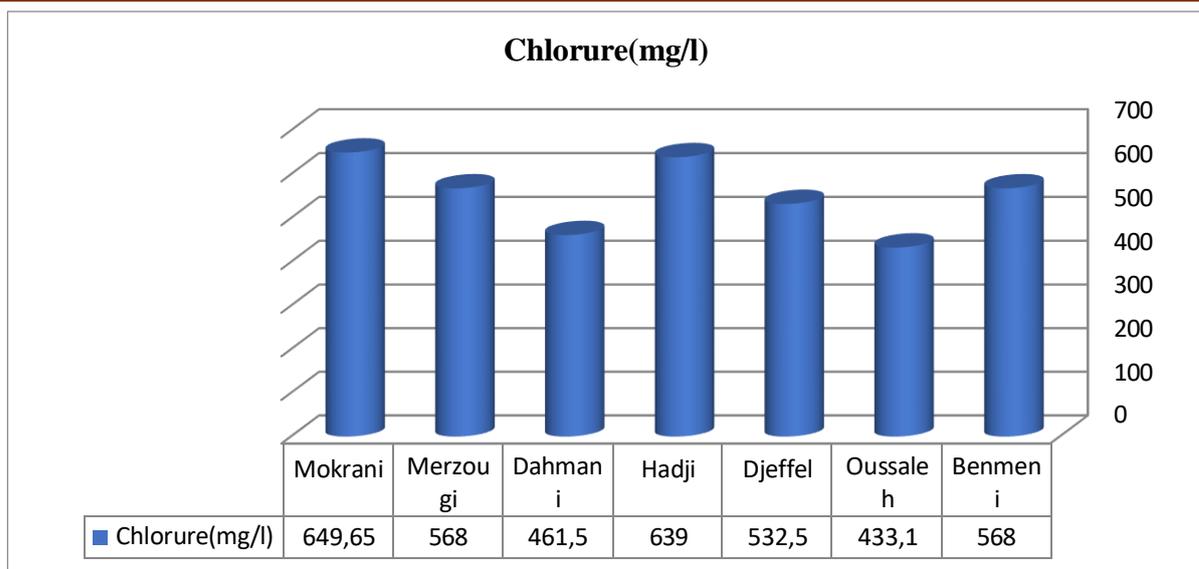


Figure 17 : Valeurs de chlorure l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

1.7. Nitrite(NO_2^-)

Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques, Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs (Maoudo *et al.*, 2020).

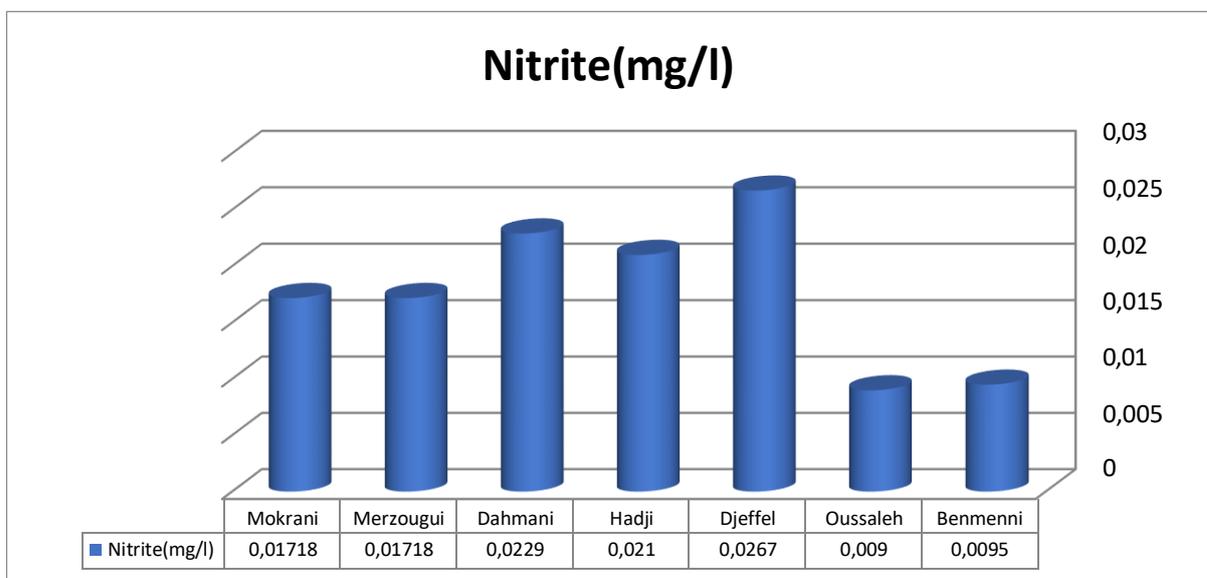


Figure 18 : Valeurs de nitrite de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

Dans notre étude, les niveaux de nitrites mesurés dans tous les abattoirs étaient assez bas, variant entre 0,01 mg/l et 0,03 mg/l. Ces résultats respectent les normes de qualité de l'eau potable en Algérie, fixées à 0,2 mg/l, ainsi que les directives de l'OMS, qui recommandent un seuil inférieur à 0,1 mg/l.

Un excès de nitrites dans l'eau peut entraîner des effets nocifs sur la santé humaine, et leur présence en quantité importante peut détériorer la qualité de l'eau. Tandis que, la toxicité des nitrites est notable en raison de leur potentiel oxydant (Coulibaly, 2005). De plus, la

formation de nitrites peut parfois résulter d'une contamination bactérienne de l'eau (Dégbey *et al.*, 2010).

1.8. Nitrate (NO₃⁻)

Les nitrates sont une forme spécifique de l'azote que l'on trouve dans l'eau, bien qu'ils soient généralement la forme la plus courante de l'azote minéral (Belghiti *et al.*, 2013).

Les teneurs en nitrates des eaux à analysées varient entre 0,1mg/l et 2,09mg/l, ces valeurs sont nettement inférieures à la norme de potabilité préconisée par la réglementation algérienne et l'OMS (50 mg/l). Par conséquent, les eaux examinées ne présentent pas de risque de pollution par les nitrates. Néanmoins, la valeur élevée de nitrates peut être liée à la présence des déchets organique (OMS, 2004).

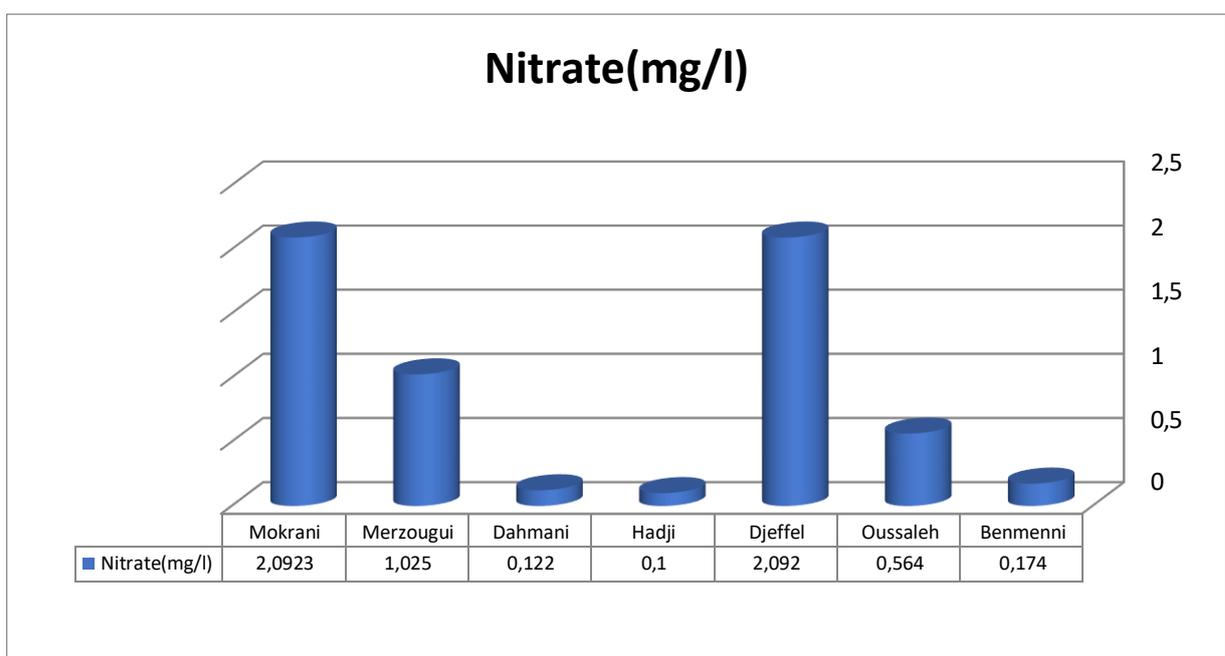


Figure 19 : Valeurs de nitrate de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : la méthémoglobinémie et un risque de cancer (N'Diaye *et al.*, 2013).

1.9. Les ortho-phosphates (PO₄⁻³)

Dans notre étude, les concentrations de PO₄⁻³ enregistrées varient entre 0,01 mg/l et 0,25 mg/l. Elles demeurent en deçà du seuil établi par l'OMS (>0,5 mg/l) pour les eaux potables. Cependant, la plupart des valeurs dépassent légèrement les normes de potabilité algériennes (0,2 mg/l).

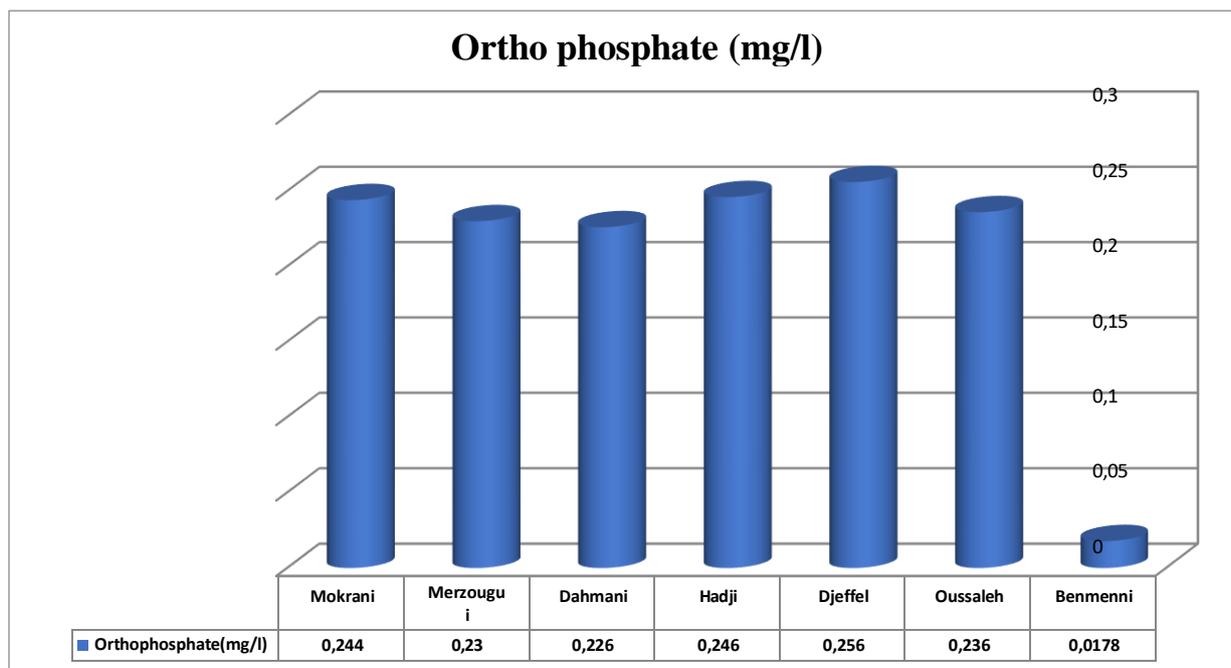


Figure 20 : Valeurs d'ortho-phosphate de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

Les concentrations élevées en ortho phosphates dans l'eau peuvent résulter de diverses sources telles que les produits de nettoyage, les détergents, les produits chimiques de traitement de l'eau ainsi que les résidus organiques (au cours des processus de production) (**Effendi et Wardiatno, 2015**). Ces niveaux peuvent signaler une contamination fécale, favorisant potentiellement la prolifération de germes et entraînant des altérations du goût et de la couleur de l'eau (**Miquel, 2003**).

1.10. Résidus secs

Le résidu sec représente le taux des éléments minéraux recueillis après l'évaporation d'un litre d'eau à une température de 180°C. Selon les quantités recueillies, elles sont classifiées comme suit :

- plus de 1500 mg/l: eau riche en sels minéraux;
- entre 500 et 1500 mg/l: eau moyennement minéralisée ou oligominérale;
- entre 50 et 500 mg/l: eau faiblement minéralisée;
- résidu sec < 50 mg/l: eau très faiblement minéralisée (**Labadi et Hammache, 2016**).

Les mesures de résidu sec pour les eaux des abattoirs avicoles étudiées montrent des valeurs oscillant entre 2400 mg/l et 5000 mg/l. Ces chiffres dépassent considérablement les limites fixées par les normes algériennes et de l'OMS, établies à 1500 mg/l.

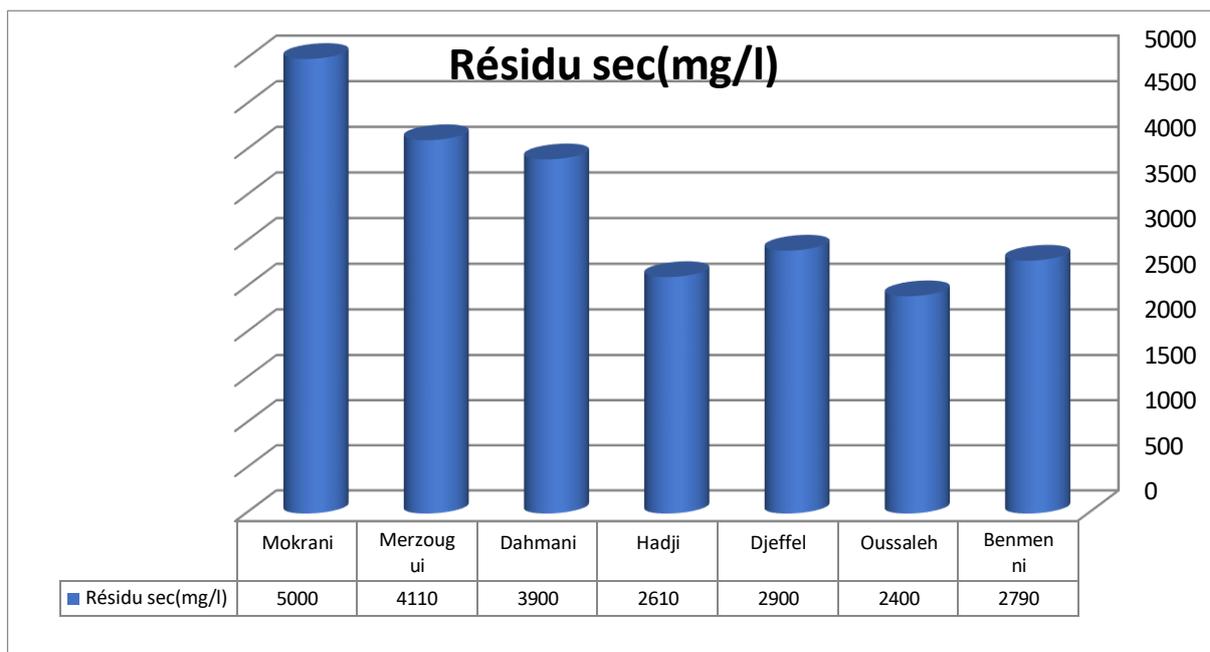


Figure 21: Valeurs de résidu sec de l'eau enregistrées dans les abattoirs étudiés.

D'après **Djabri et al., 2023**, une forte concentration de résidus secs dans l'eau indique une forte minéralisation. Par conséquent, ces eaux présentent une qualité organoleptique inacceptable. De plus, une eau avec un taux élevé de résidus secs peut avoir un effet corrosif sur les équipements et les infrastructures en contact avec l'eau (**EPA, 2016**).

2. Les paramètres bactériologiques

Le nombre de micro-organismes dans l'eau évolue en fonction de divers facteurs qui peuvent favoriser soit leur croissance soit leur inhibition. Il est essentiel de rechercher des germes qui se trouvent généralement en grande quantité dans les matières fécales des êtres humains et des animaux à sang chaud.

Afin de nous déterminons la charge microbienne des échantillons d'eau nous avons fait des analyses microbiologiques sur les Coliformes totaux, les coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les salmonelles.

2.1. Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**Ayad, 2017**). Ce groupe composé des principaux genres suivants : *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (**Chevalier, 2003**).

La grande majorité des espèces de coliformes sont non pathogènes et ne présentent pas de danger direct pour la santé humaine, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries opportunistes pathogènes (**OMS, 2000**).

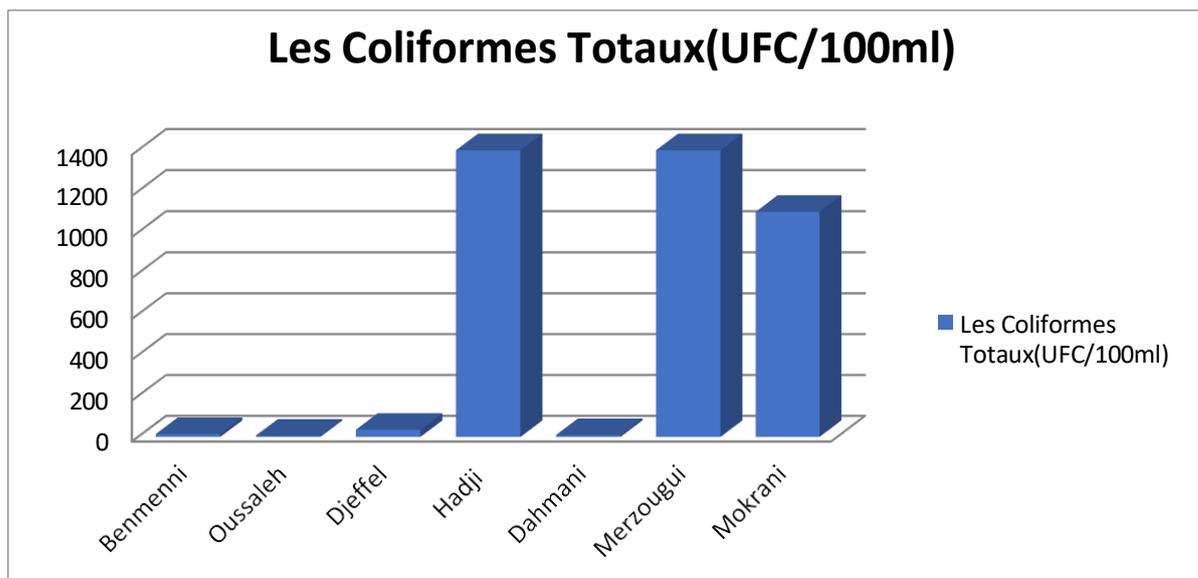


Figure 22: Valeurs de Coliformes totaux dans échantillons d'eau.

2.1.1. Les Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, également connus sous le nom de coliformes thermo tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. *Escherichia coli* est l'une des espèces les plus courantes de coliformes fécaux et est souvent utilisée comme indicateur de contamination fécale dans l'eau et les aliments (Richard ,1996; Mwanza *et al.*, 2019). Sa présence peut indiquer un risque potentiel pour la santé, car certaines souches peuvent causer des maladies chez l'homme.

2.2. Les streptocoques fécaux

Les entérocoques font partie d'un groupe de bactéries naturellement présentes dans la flore intestinale des animaux et des humains (Ayad, 2017). La présence des streptocoques fécaux dans les eaux indique généralement la présence d'une pollution fécale d'origine animale (Elzanhali, 1989).

Les résultats obtenus pour les analyses microbiologiques (Tableau 05) montre que les eaux des abattoirs étudiée présentent une charge élevée de coliformes totaux par rapport aux normes de l'OMS ($<10 \text{ UFC} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$). Et une absence des germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux, streptocoques fécaux) ce qui signifié que les germes présents dans les eaux étudiée sont d'origine tellurique et non pas d'origine fécale. Cette présence est considérée normale vue l'absence de traitement par les galettes de chlore (Tir *et al.*, 2017).

2.3. Salmonella

Salmonella est un genre de bactéries à Gram négatif de la famille des *Enterobacteriaceae*. Ces bactéries sont responsables de diverses infections chez l'homme et les animaux, telles que la salmonellose et la fièvre typhoïde (Bornstein, 1943). Tandis que, Les

infections à *Salmonella* chez l'homme sont généralement causées par la consommation d'aliments contaminés, en particulier les produits d'origine animale tels que la viande, la volaille, les œufs et les produits laitiers non pasteurisés (**Korsak *et al.*, 2004**).

Dans notre étude, aucune présence de *Salmonella* n'a été détectée dans les eaux examinées. Ces résultats sont conformes aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé, qui préconisent l'absence de *Salmonella* dans l'eau potable.

Tableau 05: les résultats des analyses microbiologiques des eaux de production dans les abattoirs étudiées.

Abattoirs Germe	Benmenni	Oussaleh	Djeffel	Hadji	Dahmani	Merzougui	Mokrani
Les Coliformes Totaux (UFC/100ml)	14	6	35	1400	9	1400	1100
Les coliformes fécaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0
Streptocoque fécaux (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0
Salmonelle (UFC/100ml)	0	0	0	0	0	0	0

Conclusion

L'eau joue un rôle crucial dans les abattoirs avicoles, impactant la qualité des produits, l'hygiène et le processus de production. Notre étude se concentre sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau utilisée dans les abattoirs avicoles de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. Nos analyses révèlent plusieurs aspects clés de la qualité de cette eau, en lien avec les normes sanitaires et les pratiques de traitement et de gestion de l'eau dans ces établissements.

À la lumière des résultats obtenus pour les analyses physico-chimiques des eaux étudiées, les valeurs enregistrées pour la plupart des paramètres (pH, nitrates, orthophosphates, turbidité, magnésium et calcium) sont généralement conformes aux normes algériennes et aux standards internationaux établis par l'OMS pour l'eau potable.

Sur le plan bactériologique, l'analyse des échantillons a mis en évidence la présence de coliformes totaux, alors que les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les salmonelles étaient absents. Ces résultats suggèrent que, malgré la présence d'une certaine contamination bactérienne dans l'eau, elle ne contient pas d'indicateurs spécifiques de pollution fécale humaine ou animale. Bien que les coliformes totaux puissent être présents dans l'environnement naturel, leur présence dans l'eau potable peut être un indicateur de contamination et nécessite une attention continue pour maintenir la qualité de l'eau. Cependant, l'absence de coliformes fécaux est un signe positif en termes de sécurité sanitaire de l'eau potable. Il est donc essentiel de poursuivre la surveillance et la gestion rigoureuse des sources d'eau pour prévenir toute contamination future et garantir la qualité de l'eau potable.

On peut donc conclure que lorsqu'une eau contaminée entre en contact direct (par lavage) ou indirect (par le biais d'équipements) avec de la viande, cela peut potentiellement entraîner le transfert de contaminants de l'eau à la surface de la viande. Ces contaminants peuvent inclure des bactéries pathogènes telles que *Salmonella* ou *Escherichia coli*, ainsi que d'autres substances nocives. Si la viande contaminée est consommée sans être correctement cuite, les pathogènes présents à sa surface peuvent causer des maladies d'origine alimentaire chez les personnes qui la consomment.

Pour cela nous suggérons quelques recommandations pour prévenir la contamination dans les abattoirs avicoles :

- Contrôle de la qualité de l'eau: Mettez en place un programme régulier d'analyse de la qualité de l'eau.
- Traitement de l'eau: Installez des systèmes de traitement de l'eau efficaces pour éliminer les contaminants et maintenir des niveaux de qualité adéquats.
- Formation du personnel: Il est impératif que le personnel soit formé aux bonnes pratiques d'hygiène et de gestion de l'eau pour éviter toute contamination.

- Nettoyage et désinfection: Établissez des protocoles de nettoyage et de désinfection rigoureux pour les équipements et les surfaces afin de réduire le risque de contamination croisée.
- Contrôle des sources d'eau: Surveillez attentivement les sources d'eau utilisées dans les abattoirs pour éviter toute contamination externe.

Références bibliographiques

- 📖 **Achmit M., Sbai G., Aouniti A. & Loukili M. (2017).** Optimisation Du Choix De La Zone Du Pompage Des Eaux De Barrage Bab Louta (Taza, Maroc). *European Scientific Journal April 2017 edition Vol.13, No.12 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431, P 231-241.*
- 📖 **AFSSA. (2006).** Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et conséquences pour la santé humaine, page 15, 16.
- 📖 **Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis. (2020).** National Primary Drinking Water Regulations. EPA.
- 📖 **Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail (2014).** Caractéristiques des eaux utilisées en industrie agroalimentaire. URL : <https://www.anses.fr/fr/system/files/GBPH2013sa0142.pdf>
- 📖 **Alloui N. (2011).** Situation actuelle et perspectives de modernisation de la filière avicole en Algérie. J. la Rech. Avic. algérienne.
- 📖 **Amorim A. K. B., De Nardi I. R. & Del Nery V. (2007).** Water conservation and effluent minimization : Case study of a poultry slaughterhouse. *Resources, Conservation and Recycling, 51(1)*, 93-100.
- 📖 **Andjongo. (2006).** Étude de la contamination des surfaces dans les industries de transformation des produits de la pêche au Sénégal : cas de la pirogue bleue. Mémoire de magister en médecine vétérinaire, p 29-30.
- 📖 **A.N.D.I. (2014).** Agence Nationale de Développement de l'Investissement.
- 📖 **Ayad, W., & Kahoul, M. (2016).** Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de puits dans la région d'El-Harrouch (NE-Algérie)[Assessment of physico-chemical and bacteriological quality of Well water in the region of El-Harrouch (NE-Algeria)]. *Journal of Materials and Environmental Science, 7*, 1288-1297.
- 📖 **Ayad W. (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région D'EL-HARROUCH (Wilaya de SKIKDA) .Thèse de Doctorat, Univ Badji–Mokhtar–Annaba,116p.
- 📖 **Axel Lefebre. (2022).** Le Diagramme D'ishikawa.

{B}

- 📖 **Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D. & El Moustaine R. (2013).** Etude de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plioquaternaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782, (14).*
- 📖 **Benabdelmoumene Dj. (2016).** Qualités nutritionnelles et organoleptiques des viandes et des œufs de volailles locales. Influence du sexe et des génotypes, Thèse en vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem,pp 116.
- 📖 **Benyahya F., Bendahou A., Essadqui F. Z., El Behhari M., El Mamoune A. F., Ghailani N. N. & Barakat A. (2017).** Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. *Pan African Medical Journal 26(1)*, 1-7.
- 📖 **Berryman D., St-Onge J., Gendron A., Brochu C. & du Québec G. (2003).** L'impact d'anciens parcs à résidus miniers sur la qualité de l'eau et les communautés benthiques de la rivière Massawippi et des ruisseaux Eustis et Capel. Ministère de l'Environnement, Québec, Canada.
- 📖 **Bordet, J. (2007).** L'eau Dans Son Environnement Rural. 1er Ed Johanet. Paris. Isbn: 978-2-9000-86-711.Pp 53-174.
- 📖 **Bornstein S. (1943).** The state of the Salmonella problem. *The Journal of Immunology 46(6)*, 439-496.
- 📖 **Boudjema Nor El-Houda S. A. (2019).** La Consommation de la viande de poulet : Enjeux et problématiques.
- 📖 **Bourgeois C.M., Mescle J.F., Zucca J. (1996).** La microflore de la viande. In : Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Paris : Lavoisier, 1996. Tome 1, 672p

- 📖 **Bourgeois R., C-M., Mescle J.F.& Zucca J. (1991).** Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome1.Edition Lavoisier. Tec et Doc .p:260-261.
- 📖 **Bouvier C., Portet P., Favennec Y. & Bussereau D. (2006).** Filière de production et qualité nutritionnelle des aliments. Mission parlementaire du député de la Mayenne auprès du ministre de l’Agriculture et de la Pêche, tenue du février à août 2006, 77 pp. <http://www.uprt.fr/mesimages/fichiersuprt/al-alimentation/al-p-production-et-qualitenutritionnelle.pdf>
- 📖 **Bouziati M., (2000).** L’eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- 📖 **Boussaid A., Chouaibi M., Rezig L., Hellal R., Donsi F., Ferrari G., Hamdi S.** Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. Arab. J. Chem. **2018**;11(2):265–274
- 📖 **Brunel V., Jehl N., Drouet L. & Portheau M.C. (2006).** Viande de volailles : Sa valeur nutritionnelle présente bien des atouts. Viandes Prod. Carnés. 25 (1) : 18-22

{C}

- 📖 **Cartier P., Moevi. (2004).** Les points de repères en matière de qualité microbiologique viandes bovines, institut de l’élevage, 243p.
- 📖 **Cartier P. & Moevi I. (2007).** La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. Compte rendu final n° 17 05 32 022, Département Technique d’Élevage et Qualité, Service Qualité des Viandes, France. 70 p. www.agrireseau.qc.ca/.../qualite_carcasse_viande_bovin_2008.
- 📖 **Cartier P., Moevi. (2007).** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins, compte rendu final n° 17 05 32 022, service qualité des viandes, départements techniques d’élevage et qualité, 70 p.
- 📖 **Casani S., Knochel S. (2002).** “Application of HACCP to water reuse in the food industry.” Food Control vol. 13, pp. 315 327, 2002.
- 📖 **Centre for Disease Control and Prevention. (2020).** Water-related Hygiene.
- 📖 **Chevalier P. (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p4.
- 📖 **Couture M., Loubier T., St-georges S. (2016).** Manuel des méthodes d’inspection des abattoirs, 2016, 257p.
- 📖 **Coulibaly K. (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l’eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de Doct. Univ Bamako Mali, 69p.

{D}

- 📖 **Degremont G., (2005).** Mémento technique de l’eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et doc, PP: 3- 38.
- 📖 **Dégbey C., Makoutode M., Ouendo E. M. & De Brouwer C. (2010).** Pollution physico-chimique et microbiologique de l’eau des puits dans la Commune d’Abomey-Calavi au Bénin en 2009. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*
- 📖 **Del Nery V., Damianovic M. H. Z. & Barros F. G. (2001).** The use of upflow anaerobic sludge blanket reactors in the treatment of poultry slaughterhouse wastewater. *Water Science and Technology*, 44(4), 83-88.
- 📖 **Dégbey C., Makoutode M., Ouendo E. M. & De Brouwer C. (2010).** Pollution physico-chimique et microbiologique de l’eau des puits dans la Commune d’Abomey-Calavi au Bénin en 2009. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* .
- 📖 **Dinepa O. I. Eau,Unicef. (2013).** Echantillonnage Et Analyse De L’eau Potable Pour Laboratoires Simplifiés. 1.3.1. Fit 1. Isbn 13-978-99970-51-24-0. P 27-28.
- 📖 **Djabri L., Bouguerra H., Hani A., Bougherira N. & Chaffai H. (2023).** *Journal International Sciences et Technique de l’Eau et de l’Environnement*.

- 📖 **Dognon S. R., Salifou C. F. A., Dougnon J., Dahouda M., Scippo M. L. & Youssao A. K. I. (2018).** Production, importation et qualité des viandes consommées au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 124, 12476-12487.

{E}

- 📖 **Effendi H. & Wardiatno Y. (2015).** Water quality status of Ciambulawung River, Banten Province, based on pollution index and NSFQI. *Procedia Environmental Sciences* 24, 228-237.
- 📖 **Elzanfhal H.T. & Eltonsey N.D. (1989).** Studies of the bacteriological water quality for intakes of different water treatment in Geatcairo. *Actat Res*, P: 305.
- 📖 **Environmental Protection Agency. (2016).** Corrosion in Drinking Water Distribution Systems: Causes, Detection, and Mitigation. EPA 810-R-16-001.

{F}

- 📖 **Faiveley M. (2012).** L'eau et la conservation des aliments.
- 📖 **Fernandez P. & Crégut E. (2007).** Les Caprinae (Rupicaprini, Ovibovini, Ovini et Caprini) de la séquence pléistocène de Kozarnika (Bulgarie du Nord). *Revue de Paléobiologie*, 26(2), 425-503.

{G}

- 📖 **Ghazali D., & Zaid A. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc). *Larhyss Journal p-issn 1112-3680/e-issn 2521-9782*, (12).
- 📖 **Goulding I. (2016).** Guide to Food Safety Hazards in Caribbean Fishery Products. CRFM Special Publication 11, P36.

{H}

- 📖 **Hailu B. (2017).** Physicochemical And Microbial Quality Of Drinking Water From Source To Household Taps: The Case Of Legedadi Reservoir. A Thesis Submitted To The Centre For Environmental Science. Addis Ababa University. Ethiopia. P 14.
- 📖 **Hamad B. (2009).** Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses camelines au niveau de l'abattoir d'el-oued. Mémoire de magister en médecine vétérinaire, p 29-30.
- 📖 **Hanon M., Rouelle A. (2011).** Le pH de l'eau de distribution, portail environnement de Wallonie, Belgique.
- 📖 **Him-Gonzalez C. (2009).** Water resources for agriculture and food production. *Water interactions with energy, environment, food, and agriculture*, 148-159.

{J}

- 📖 **Jondreville C., Fournier A., Travel A., Feidt C. & Roudaut B. (2010).** Contaminants chimiques organiques des œufs de poule pondeuse : aspects réglementaires, modalités et risques de transfert. *INRAE Productions Animales*, 23(2), 205-214.
- 📖 **JORA. (2011). Rodier et al., 2009.**
- 📖 **Journal Officiel de la République Algérienne (JORA), (2011).** Décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP: 7-25.

{K}

- 📖 **Kaci A. & Cheriet F. (2013).** Analyse de la compétitivité de la filière de viande de volailles en Algérie : tentatives d'explication d'une déstructuration chronique.
- 📖 **Karib H., Aymar J. & Dahani S. (2021).** Appréciation de la qualité bactériologique des carcasses de volaille préparées dans un abattoir avicole industriel. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires* 9, (3).

- 📖 **Kebede G. (1986).** Contamination superficielle à l'abattoir de Dakar. Thèse de doctorat vétérinaire, école nationale vétérinaire de Lyon, p 69.
- 📖 **Korsak N., Clinquart A. & Daube G. (2004).** Salmonella spp dans les denrées alimentaires d'origine animale : un réel problème de santé publique. *Ann. Méd. Vét*, **148**, 174-193.
- 📖 **Kouidri B. Z. (2006).** Etude Et Traitement De L'eau Du Barrage Djorf-Eltorba De La Wilaya De Bechar Par Filtration Sur Sables. Mémoire De Magister.Faculté Des Sciences & Des Sciences De L'ingénieur. Université Hassiba Benbouali. Chlef. Pp 18-20

{L}

- 📖 **Labadi A. S. & Hammache H. (2016).** Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en Algérie. *Larhyss Journal* **28**, 319-342.
- 📖 **Le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec(2018),** Caractérisation et identification d'un aliment potentiellement dangereux. (MAPAQ).
- 📖 **Legrand D. (2024).** Eau et industrie : quelles pistes pour améliorer la gestion de l'eau par l'industrie en France ? In *Annales des Mines-Responsabilité et environnement* (No. 2, pp. 20-26). Cairn/Softwin.
- 📖 **Lecerf J. M. (2014).** La place de la viande dans la nutrition humaine. *Viandes & Produits Carnés*, 1
- 📖 **Luc J & Lagardette M. (2009).** Vademecum De L'eau. Copyright Edition Johanet. Paris.

{M}

- 📖 **Mahamat, S. A. M., Maoudombaye T., Abdelsalam T., Ndoumtamia G., & Loukhman B. (2015).** Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique de la Société Tchadienne des Eaux à N'djamena au Tchad. *Journal of Applied Biosciences*, **95**, 8973-8980.
- 📖 **Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Van Clooster M., (2011).** Contribution a l'étude physico -chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental), *Larhyss Journal*, N° 09, PP : 149-169.
- 📖 **Marchal. (1982).** Les milieux de culture pour l'isolement et l'identification biochimique des bactéries, biologie appliquée. Doin, Paris, 482p.
- 📖 **Maoudo H. A. N. E., Diagne I., Ndiaye M. & Ndiaye B. (2020).** Etude comparative de la qualité physico-chimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de Sinthiou Maléme dans la région de Tambacounda (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci* **14**(9), 3400-3412.
- 📖 **Maude Michaud, D. (2019).** Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire. Repéré <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/recueil.pdf>
- 📖 **Mercier, C. (2000).** Étude de l'efficacité des inhibiteurs de corrosion à base de phosphates en réseau de distribution d'eau potable. École Polytechnique de Montréal.
- 📖 **Miquel G. (2003).** La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Rapport No.215 tome 1 de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (Sénat). 195 pp.
- 📖 **Mwanza P. B., Katond J. P. & Hanocq P. (2019).** Evaluation de la qualité physico chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwowoshi (RD Congo). *Tropicultura*.

{N}

- 📖 **N'Diaye A. D. & Salem K. (2013).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*, (12).
- 📖 **Nouayti N., Khattach D. & Hilali M. (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut assine Ziz (Haut Atlas central, Maroc). *Journal of Materials and Environmental Science* **6**(4), 1068-1081.

{O}

- 📖 **Organisation mondiale de la santé. (2006).** Guidelines for drinking-water quality (Vol. 1). WHO Regional Office Europe.
- 📖 **Organisation Mondiale de la Santé. (2017).** Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum. WHO.
- 📖 **Organisation Mondiale de la Santé. (2022).** Guidelines for Drinking-water Quality. WHO.
- 📖 **OMS. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson, *volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2^{ème} édition, 1050 p.*
- 📖 **OMS. (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3^{ème} édition, Vol. 1. Directives. Ed.
- 📖 **Ouertani E., Laajili I., Stambouli T. & Benalaya A. (2016).** Gestion de l'eau en industrie agroalimentaire Tunisienne et son impact sur l'environnement et sur la sécurité alimentaire. *Larhyss Journal, (28), 199-217.*
- 📖 **Oueslati K. (2017).** Caractérisation et modélisation de la production des radicaux libres oxygénés par la chimie de fenton en milieu mimétique de la viande. Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne.

{R}

- 📖 **Richard C. (1996).** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. Scientifiques et Médicales, Elsevier, Paris, 115 p..
- 📖 **Rodier J. (2005).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod, Paris, 1384p.
- 📖 **Rodier J., Legube B. & Merlet N. (2009).** L'Analyse de l'eau. 9e édition entièrement mise à jour, Dunod, Paris

{S}

- 📖 **Salifou CFA., Youssao AKI., Ahounou GS., Tougan PU., Farougou S., Mensah GA., Clinquart A. (2013a).** Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Annales de Médecine Vétérinaire 157 : 27-44.*
- 📖 **Savary P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, PP : 10-179.
- 📖 **Savary, P. (2010).** Guide Des Analyses De La Qualité De L'eau. Ire Ed : Territal A Bresson
- 📖 **Sebai A. (2012).** Évaluation de l'état d'hygiène générale au sein d'un abattoir avicole de BOUGUIRAT .Doctoral dissertation, Université IBN-KHALDOUN : Institut des Sciences Vétérinaires).
- 📖 **Sentandreu M. A., Coulis G. & Ouali A. (2002).** Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology 13(12), 400-421.*

{T}

- 📖 **Tfeila M. M., MOSA KO S. S., Aboulhassan M. A., Taleb A. & Bouezmarni M. (2016).** Suivi de la qualité physicochimique de l'eau du fleuve Sénégal: Cas du captage du Beni Nadji alimentant en eau potable les wilayas de Nouakchott. *Journal of Materials and Environmental Science, 7(1), 148-160.*
- 📖 **Thouez J. P. (1979).** Caractéristiques Physico-Chimiques De L'Eau Potable et la Mortalité Ischémique Du Cœur: Application Aux Municipalités Des Cantons De L'est (Québec). *Canadian Geographer/Le Géographe canadien, 23(4), 308-321.*

- 📖 **Tir E. Deche M., Bounouira Y. & Chedad A. (2017).** Qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des sources de la commune de tissemisilt «cas de ain ». *Larhyss journal (29), 111-119.*

{W}

- 📖 **World Health Organization. (2011).** Calcium and Magnesium in Drinking water: *Public health significance).*

ANNEXE

ANNEXE I

Préparation des solutions et modes opératoires pour les analyses physico-chimiques:

1. Dosage du calcium

Réactifs

- Solution d'EDTA (Sel disodique de l'acide ethylene diamine tetracetique) N/50;
- Solution d'hydroxyde de Sodium (NaOH) 2N;
- Murexid.

Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, on introduit 100 ml de l'échantillon préparé dans une fiole conique de 250ml. On ajoute 2ml de solution d'hydroxyde de sodium et environ 0,2 g de l'indicateur Murexide. On mélange et on dose immédiatement. Ensuite, on ajoute la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Le virage est atteint lorsque la couleur devient pourpre.

Expression des résultats

La teneur en calcium $C_{Ca^{2+}}$ exprimé en $mg \cdot L^{-1}$, est donnée par l'équation: $Ca^2 = C1 \cdot V3 / V0 \cdot 100$ Où

$C1$: La concentration exprimée en $m \cdot mole \cdot L^{-1}$ de la solution de l'EDTA;

$V3$: Le volume en millilitre de la solution d'EDTA utilisée pour le dosage;

$V0$: Le volume en millilitre de la prise d'essai.

2. Dosage des chlorures

Réactifs:

- Acide nitrique pur;
- Carbonate de calcium pur;
- on de chromate de potassium à 10 %;
- Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

Mode opératoire:

- Introduire 100 ml d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire);
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %;
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes;
- Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

Expression des résultats

- Pour une prise d'essai de 100 ml.
- $V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl^- par litre d'eau.
- $V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

1.3 Dosage des nitrates

Matériels:

- Capsules de 60ml environ;
- Bain marie ou étuve;
- Verrerie: fioles (1000 ml, 50 ml), pipettes (2ml, 5ml, 10ml), bechers 100 ml;

Toute la verrerie doit être soigneusement lavée avec une solution d'acide chlorhydrique à 2 mol/l et rincée abondamment à l'eau distillée.

Réactifs:

- Solution de salicylate de sodium à 10g/l (à renouveler toutes les 24h);
- Acide sulfurique concentré ($d=1.84$);
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) et de tartrate doubles de sodium et de potassium;
- NaOH 200g;
- Sel disodique de l'acide éthylène diamine tetracetique 50g;
- Eau desionisée q.s.p 1000ml.
- Faire dissoudre les sels dans de l'eau desionisée. Laisser refroidir et compléter à 1000 ml et conserver

cette solution dans un flacon en polyethylene.

- Solution d'azoture de sodium:

- Azoture de sodium... 50mg.
- Eau déionisée... q.s.p... 100 ml.

Solution mere etalon d'Azote nitrique a 0,1 g/l :

Nitrate de potassium anhyd 722mg.

- Eau distillée... q.s.p... 1000 ml.

A renouveler tous les deux mois.

- Solution fille étalon d'Azote nitrique a 0,005 g/l :
- Amener 50ml de solution mère a 1000ml avec de l'eau deionisée.

Dans une série de capsules de 60 ml environ, introduire successivement les réactifs comme définidans le tableau I.1

Solutions \ N° des Bêchers	T	1	2	3	4
Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Solution d'azoture de sodium (ml)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer a sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75 80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps). Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentre ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10min, ajouter 15ml d'eau démonisée puis 10ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate doubles de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre a la longueur d'onde $\lambda = 415 \text{ nm}$.

Dosage des échantillons:

- Introduire 10ml d'eau a analyser dans une capsule de 60mL ou bécher;
- Alcaliniser faiblement avec la solution de NaOH;
- 0.5ml de la solution d'azoture de sodium;
- 0.2ml d'acide acétique;
- Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium;
- Evaporer a sec (étuve a 75-80°C ou au bain-marie), laisser refroidir;
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentre;
- Attendre 10min ajoute 15ml d'eau deionisée puis 15ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium;
- Effectuer la lecture au spectromètre a $\lambda = 415 \text{ nm}$. Pour avoir la teneur en azote nitrique exprimée en mg/l d'eau;
- Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau dé ionisée.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en ions nitrates (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4,43.

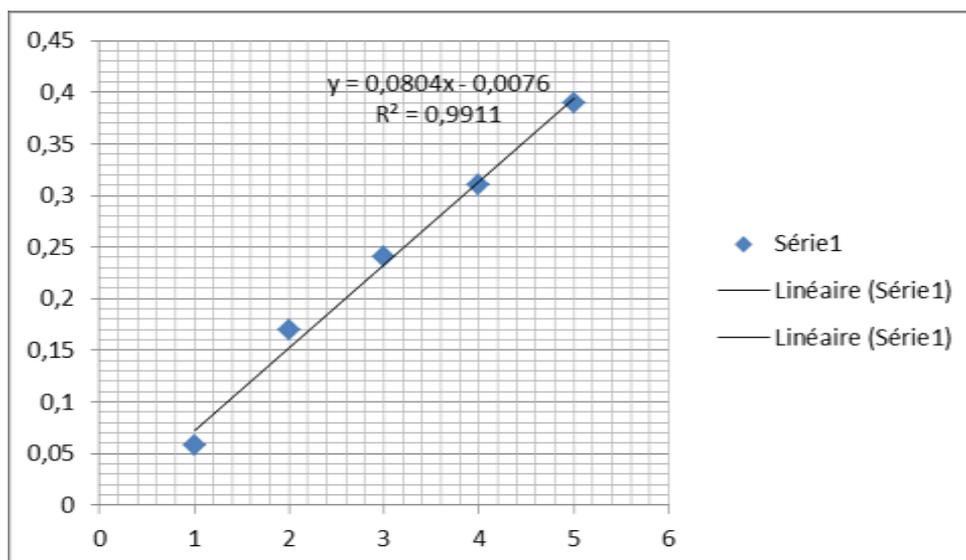


Figure I.1: Courbe d'étalonnage des ions de nitrates.

I.4 Dosage des Nitrites

Matériels :

- Fioles jaugées, 1L (2);

- Bêchers, (3);

Eprouvettes, 500ml, 100ml et 10ml

(1)

- Pipettes, 10ml (1), 5ml (1), 2 ml (1);

- Tubes à essai, 15ml (1).

Réactifs :

- Ammoniaque pur (d = 0,925) ;

Solution mère étalon de NO₂ 0,23g /l (détailler ce calcul dans le rapport) :

- Nitrite de sodium... 0,345g;

- Eau fraîchement distillée..... 1000ml

(Cette solution se conserve mieux si l'on prend la précaution d'y ajouter 1 ml de chloroforme)

- Solution fille étalon d'ion NO₂ à 0,0023g/l ;

• Préparer cette solution dans une fiole jaugée de 100 ml à partir de la solution mère Avec de l'eau distillée.

Réactif de ZAMBEILLI:

- HCL pur (d = 1,19) 260ml;

- Acide sulfanilique... 5g;

- Phénol cristallisé 7,5g;

- Chlorure d'ammonium 135g;

- Eau distillée (exempte de NO₂⁻)..... 625ml.

Préparation du réactif de ZAMBEILLI :

- Introduire dans une fiole jaugée d'un litre, l'eau distillée et l'HCL ;

- Dissoudre dans le mélange l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie jusqu'à dissolution complète ;

- Ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution ;
 - Après refroidissement ajuster jusqu'à 1L avec l'eau distillée.
- (N.B: Le nitrite est un produit qu'il faut manipuler avec délicatesse vue sa toxicité et son impact sur la santé de l'homme)

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

- Dans une série de tubes à essai (15ml) numérotés introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition (tableau:I.2)

Numéro de tube	T 1	1	2	3	4	X 1	X2
Solution fille étalon (ml)	0	2	3	4	5	10	10
Eau distillée (ml)	10	8	7	6	5	0	0
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2	2
ATTENDRE 10 MINUTES, PUIS AJOUTER							
Ammoniaque pur (ml)	2	2	2	2	2	2	2

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO²⁻, exprimée en mg/l d'eau. Cette valeur multipliée par 0.305 donne la teneur en azote nitreux exprimée par mg/l.

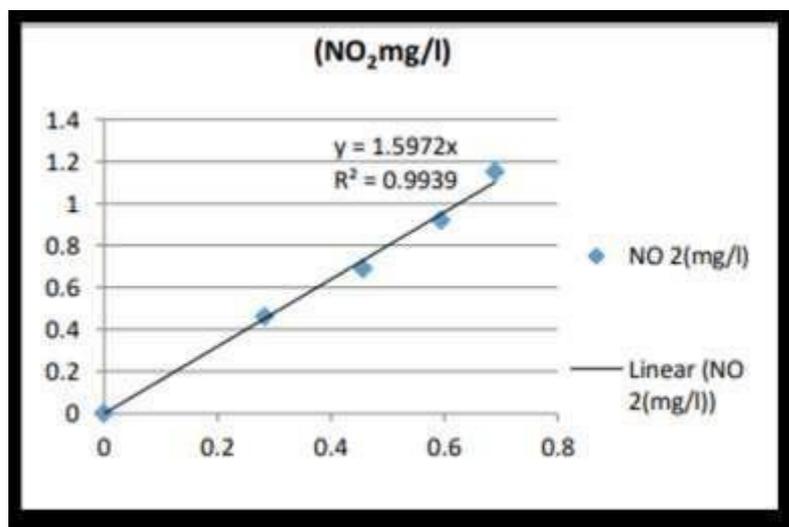


Figure I.2 : Courbe d'étalonnage des ions de nitrites.

1.5 Les résidus secs

Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée;
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule;
- Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 24 heures;
- Laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur;
- Peser immédiatement et rapidement.

Expression des résultats:

- RS = (Pp- Pv) 10*1000;
- RS = Résidu Sec en mg/l;

- Pv = poids vide de la capsule;
- Pp = poids plein de la capsule.

1.6 Dosage des ortho phosphates Réactifs:

- Acide sulfurique (d =1,84);
- Molybdate d'ammonium;
- Acide ascorbique;
- Eau distillée;
- Tartrate double d'antimoine et de potassium;

Préparations des dosages

- Solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.

-Filtrer si- Solution d'acide sulfurique (d =1,84) à 15% environ en volume.

-Nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4°C .

• Solution d'acide ascorbique à 20g/L :

-Acide ascorbique 2g;

Eau permutée q.s.p. 100 ml (À préparer chaque jour).

• Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/l :

-Tartrate double d'antimoine et de potassium 0,28 g;

-Eau permutée q.s.p 100ml.

• Réactif 1 :

- Solution d'acide sulfurique 50 ml;

- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium 5 ml;

- Solution de molybdate d'ammonium 15 ml;

- Eau permutée q.s.p 100 ml;

- Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C.

• Solution mère étalon à 50mg/l de phosphore :

-Dihydrogénophosphate de potassium des séché au préalable a l'étuve à 100°C 219,1 mg

Eau permutée q.s.p 100ml

- Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

• Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore :

- Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

Établissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25ml :

Tableau (I.3) : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions orthophosphates.

Concentration en phosphate	0	0.5 mg.L ⁻¹	1 mg.L ⁻¹	1.5 mg.L ⁻¹	2 mg.L ⁻¹
Eau distillée (mL)	20	15	10	5	0
Solution étalon de phosphates à 2 mg.L ⁻¹	0	5	10	15	20
Solution d'acide ascorbique (mL)	1	1	1	1	1

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4ml de réactif 1, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml. Attendre 30minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1cm. Construire la courbe d'étalonnage.

Dosage des échantillons

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire.

Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25ml, ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 700 ou 800 nm). 2. Déterminer graphiquement la concentration en ortho phosphate dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne la teneur en ortho phosphates, exprimée en milligrammes par litre d'eau (mg/l).

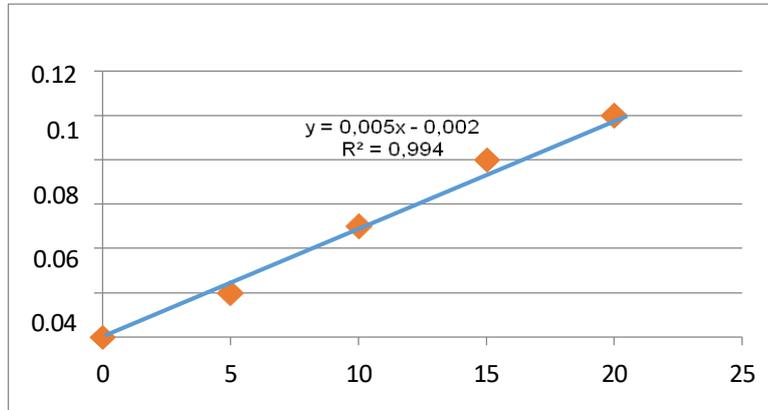


Figure I.3 : Courbe d'étalonnage des ions des Ortho-phosphates.

2. Préparation des solutions et modes opératoires pour les analyses bactériologiques:

➤ **Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide**

Cette manipulation vise à la recherche des coliformes totaux et fécaux dans un échantillon d'eau et à leur dénombrement éventuel par colimétrie afin de détecter la présence d'une contamination d'origine fécale.

2.1 COLIMETRIE

La colimétrie est une technique qui permet de déterminer le nombre de coliformes présents dans un échantillon d'eau et de définir ainsi si cette eau est potable. Le seuil de potabilité est de 10 coliformes par 100ml.

Cette technique permet l'identification des coliformes grâce à leur capacité à fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz. Cette technique fournit le nombre le plus probable (NPP) de coliformes après croissance sur milieu liquide, elle comprend deux tests:

- Le test présomptif: pour détecter la présence de coliformes totaux.
- Le test de confirmation: appelé test McKenzie, utilisé pour détecter la présence de coliformes fécaux dans les tubes positifs du test présomptif.

Mode opératoire

2.1.2. Test présomptif

À l'aide de pipettes stériles, transférer aseptiquement:

- 10 ml de l'échantillon dans 10 ml du milieu BCPL double concentration (répéter 3 fois).
- 1 ml de l'échantillon dans 10 ml du milieu BCPL de concentration simple (3 fois);
- 0,1 ml de l'échantillon dans 10 ml du milieu BCPL simple concentration (3 fois);
- Homogénéiser l'échantillon pour assurer une distribution homogène de microorganismes;
- Incuber les tubes à 37°C pendant 24h. Si aucun tube n'apparaît positif, ré-incuber jusqu'à 48 heures;
- Après incubation, noter les tubes positifs de chaque dilution en observant le changement de couleur du milieu dû à la production d'acide ainsi que la production de gaz dans la cloche de Durham;
- Calculez le nombre le plus probable (NPP) selon le tableau **Mac GRADY** pour estimer le nombre de coliformes par 100 ml d'échantillon d'eau.

➤ **Remarque:** Si le test présomptif est négatif, le test de confirmation n'est pas nécessaire et

l'eau est considérée comme microbiologiquement sûre.

2.1.3. Le test de confirmation

- Transférer 1 ml de chaque tube positif dans un tube contenant le milieu Schubert.
- Incuber à 44,5 °C pendant 24 à 48 h
- Les tubes avec turbidité et production de gaz sont positifs.
- Ajoutez 2-3 réactifs de Kovacs aux tubes positifs:

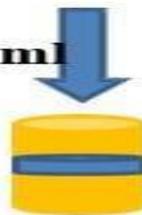
l'apparition d'un "anneau rouge cerise" dans la couche supérieure indique la présence de coliformes fécaux.

1^{ère} jour : pré-enrichissement :

:



100 ml



**100 ml d'eau
bouillon
(SFB)D/C**

incubation à 37 °C pendant 18 à 24

Figure I.4 : Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des coliformes.

2.1.4 Recherche d'Escherichia coli: Test confirmative

A partir de chaque tube positif de milieu BCPL pour la recherche des coliformes totaux,

nous avons ensemencé 4 à 5 gouttes dans un milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham, que nous avons placé dans une étuve à 44°C pendant 24 h.

Les tubes qui présentent un trouble bactérien et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham confirment la présence de coliformes fécaux.

Les tubes positifs de bouillon de Schubert, additionnés au réactif de Kovacs se caractérisent par un anneau rouge cerise témoin de la production d'indol et donc de la présence d'E. Coli.

2.2 STREPTOMETRIE:

2.2.1 Dénombrement des Streptocoques fécaux

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par deux tests:

le test présomptif sur le milieu de Rothe et le test confirmatif sur le milieu Eva Litsky.

L'incubation se fait à 37° C pendant 24h à 48h. La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition d'un trouble microbien dans tout le milieu de Rothe et éventuellement par la formation d'une pastille violette dans le fond du tube du milieu Eva Litsky .

Mode opératoire

2.2.2 Le test présomptif

On ensemence 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à double concentration (D/C) avec 10ml de l'échantillon, 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 1ml de l'échantillon et 3 tubes de 10 ml de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 0,1 ml de l'échantillon. Puis on a homogénéisé soigneusement, par agitation, le contenu des tubes en s'assurant,

une fois celle-ci terminée, que la teinte du bouillon est uniforme en haut et en bas du tube, de façon à ce que la concentration en inhibiteur soit identique en tous points.

On a incubé les tubes à 37°C et la lecture est faite après 24 et 48 heures. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

2.2.3 Le test confirmatif

Après agitation des tubes positifs, on prélève sur chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette Pasteur, et on les a reportés dans des tubes du milieu de Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. Après incubation à 37°C pendant 24 h, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement ont été considérés comme positifs. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

2.2.4 Expression des résultats

Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série puis on s'est reporté à la table de Mac Grady pour connaître le nombre de streptocoques fécaux présents dans 100ml de l'échantillon.

3. Recherche et dénombrement des salmonelles:

Les Salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles Gram négatifs, en forme de tige, aéro-anaérobies facultatives ne fermentant pas le lactose, mais fermentant le glucose avec production de gaz et de H₂S, hautement pathogènes.

L'isolement de la salmonelle dans un milieu liquide implique plusieurs étapes clés pour assurer une détection précise et fiable.

3.1. Pré-enrichissement:

- **Objectif:** Favoriser la croissance des salmonelles présentes en faible nombre et stressées.
- **Milieu utilisé:** Eau peptonée tamponnée (Buffered Peptone Water, BPW).
- **Procédure:** Ajouter l'échantillon l'eau à analyser dans le BPW et incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

1^{ère} jour : pré_enrichissement :

2^{ème} jour : enrichissement et isolement :

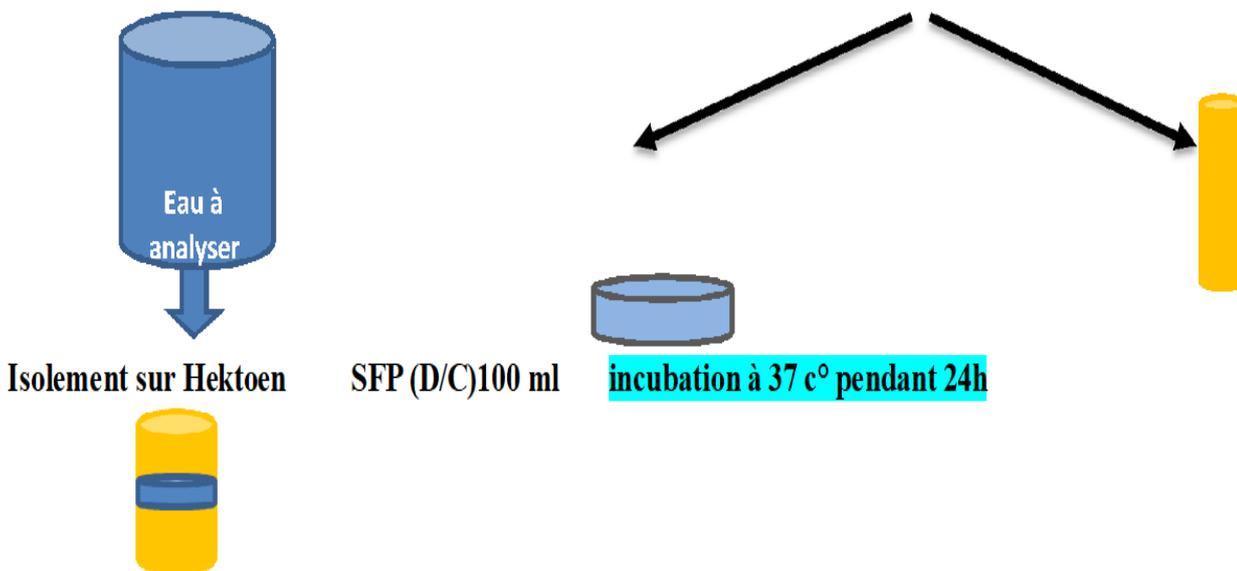


Figure I.5 : Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Salmonelles.

3.2. Isolement sur milieu solide et enrichissement:

- **Objectif:** Isoler les colonies de salmonelles pour identification.
- **Milieu utilisé:** Hektoen .
- **Procédure :** Étalement du bouillon d'enrichissement sur Hektoéne et incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures.

3.3. Identification morphologique et biochimique:

Des colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique qui se déroulent comme suit:

- Etat frais (bacilles ,mobilité)
- Coloration de Gram (bacilli Gram-)
- Encemencement d'un tube de gélose nutritive incliné qui sera incubé à 37c° pendant 24h (lactose, saccharose, Glucose, et H2S)
- Encemecement d'un tube de gélose nutritive incliné qui sera incubé à 37c° pendant 24h qui survira à l'agglutination sur lame.
- Encemencement: sur galerie biochimique classique .

