

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 عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de Technologie  
Département des Biologie



Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques  
Domaine : Sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques  
Spécialité : Microbiologie appliquée  
Thème

**Evaluation de la contamination microbienne de viande rouge vendus  
dans les boucheries de la wilaya d'Ain Temouchent**

**Présenté Par :**

- 1) Melle. BOURAHLA Maroua Hibat Ellah
- 2) Melle. BERKANE KRACHAI Loubna Wissam

**Devant le jury composé de :**

Pr. BOUAMRA M	Professeur	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr. BENNABI F	MCA	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
Pr. ZIANE M	Professeur	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

Année Universitaire 2024/2025

## **Remerciements**

*Nous remercions avant tout DIEU tout puissant, qui nous a donné la santé, la bénédiction, le courage, et la patience afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadrant Prof. ZIANE Mohammed, Professeur des universités à l'université de Ain Temouchent, pour nous avoir encadrée. Nous le remercions pour ses précieuses, remarques et conseils constructives et son suivi et pour le temps qu'elle nous a consacré pour mener à terme cette étude ;*

*Nous tenons également à exprimer notre sincère remerciement aux égards des membres de jury, à Pr BOUAMRA Mohammed, Professeur des universités à l'université d'Ain Témouchent. Qui nous fait l'honneur de sa présence en acceptant de présider le jury de cette soutenance, et Dr BENNABI Farid, Maître de conférences classe A, au département de Biologie, pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Un grand merci à nos parents, pour l'intérêt qu'ils ont accordé à notre travail et plus particulièrement pour leur précieuse aide morale surtout.*

*Enfin, nous devons remercier beaucoup toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

***Loubna Wissaet Maroua Hibaellah***

## *Dédicace*

*Tout au début, je tiens à remercier Allah de m'avoir donné du courage et de patience afin de réaliser ce travail.*

*Je dédie ce travail à ma famille qui m'a doté d'une éducation digne d'amour qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui ;*

*À ma très chère mère*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles. Je t'aime*

*Maman*

*Je prie Dieu Tout-Puissant de t'accorder une bonne santé et une vie longue et heureuse*

*À mon cher père*

*Grâce à toi papa, j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours.*

*Je t'aime Papa*

*À mes chères sœurs Imen et Khadidja qui n'ont cessé de me conseiller, m'encourager et me soutenir tout au long de mes études*

*À mon petit frère bien-aimé Riad Yacine qui sait toujours comment me rendre heureuse*

*À mes chères amies*

*Loubna Wissam*

## *Dédicace*

*Arrivé au terme de mes études par la grâce de dieu.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes parents, à ma source de générosité, d'assiduité et de patience tout au long de ma carrière scolaire. Que Dieu vous protège, vous prêtez bonne santé et longue vie.*

*Je t'aime maman et papa*

*A la mémoire de mon grand-père maternel, et à la santé de mes grands-mères,  
Qu'elles reposent en paix*

*A mon grand-père, qui n'a jamais manqué de ses supplications bénies*

*A mon cher frère Djamel*

*Qui m'a soutenu.*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.  
Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fait de votre  
soutien infailible,*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*A Amina et sa fille Zomorod*

*Merci énormément pour ton soutien plus que précieux, merci pour ton grand cœur  
pour tous les moments magiques qu'on a passé ensemble et pour le sourire que tu as  
su toujours dessiner sur mon visage.*

*Aux personnes qui m'ont accompagné durant mon cursus universitaire,*

*À mes amies pour ses encouragements Permanents, et son soutien*

*Maroua Hibat ellah*

# Sommaire

Remerciements .....	I
Dédicace .....	II
Sommaire .....	IV
Liste des tableaux .....	VI
Liste des figures .....	VI
Liste d'abréviation .....	VII
Introduction .....	01

## I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. 1. Définition .....	04
I. 2. Type de viande .....	05
I. 2. 1. Viande de mouton .....	05
I. 2. 2. Viande de cheval .....	06
I. 2. 3. Viande de bœuf .....	06
I. 3. Composition nutritionnelle des viandes rouges .....	08
I. 4. Qualité organoleptique .....	10
I. 4. 1. Couleur .....	10
I. 4. 2. Tendreté .....	10
I. 4.3. Flaveur .....	10
I.4. 4. Jutosité .....	11
I. 4. 5. Qualité d'usage .....	11
I.5. Qualité microbiologique .....	12
I. 5. 1. Flore d'altération .....	12
I. 5. 2. Flore pathogènes .....	15
I. 6. Origine de la contamination des viandes rouges .....	19
I. 6. 1. Origine exogène .....	19
I. 6. 1. 1. Hygiène des abattoirs et des équipements .....	19
I. 6. 1. 2. Manipulation humaine .....	19
I. 6. 1. 3. Air et poussières .....	20
I. 6. 1. 4. Eau de lavage contaminée .....	20
I. 6. 1. 5. Insectes et rongeurs .....	20
I. 6. 1. 6. Transport et stockage .....	20



## Liste des Tableaux

N°	Titres	Pages
01	Caractéristiques de la viande varient selon plusieurs facteurs	05
02	Tableau comparatif de la composition moyenne de la viande rouge de bœuf maigre	07
03	Techniques utilisées pour rechercher et énumérer les microorganismes étudiés	25
04	Résultats microbiologiques des abats (Foie et Rate)	34
05	Résultats des viandes hachées	34
06	Résultats de dénombrement de viande de bœuf	35
07	Résultats de la viande de bœuf (locale vs importée)	36

## Liste des figures

N°	Titres	Pages
01	Test de galerie API10S.	29
02	Distribution de prévalence de différents microorganismes dans les échantillons analysés.	33
03	Distribution de coliforme dans les échantillons analysés	37
04	Distribution des <i>ENTEROBACTERIACEA</i> dans les échantillons analysés	37
05	Distribution de la concentration d' <i>E. coli</i> dans les échantillons analysés	38
06	Distribution de la concentration de FAMT dans les échantillons analysés	39
07	Distribution de la concentration des autres bactéries Gram négatif dans les échantillons analysés	40

## Liste d'abréviations

- ↵ (CLA) : acide linoléique conjugué
- ↵ (BPH) : Bonnes Pratiques d'Hygiène
- ↵ (HACCP) : HAZARD ANALYSIS CRITICAL Control
- ↵ (AGMI) : Acides gras mono-insaturés
- ↵ (AGPI) : Acides gras polyinsaturés-insaturés
- ↵ Vitamines B3 : (NIACINE),
- ↵ Vitamine B6 : (PYRIDOXINE),
- ↵ Vitamine B2 : (RIBOFLAVINE)
- ↵ Vitamine B12 : (COBALAMINE)
- ↵ (WHC) : WATER HOLDING CAPACITY
- ↵ (SHU) : Syndrome Hémolytique et Urémique
- ↵ (ASR) : Anaérobies sulfito-réducteurs
- ↵ (TSE) : Tryptone Salt Extract
- ↵ (PCA) : Plate Count Agar
- ↵ (VRBL) : Violet Red Bile Lactose
- ↵ (EMB) : Eosin Methylene Blue
- ↵ (CFU) : Unité Formant Colonie
- ↵ (FMAT) : Flore aérobie mésophile totale
- ↵ (ENDO) : Endotoxine
- ↵ (BEA) : Bile Esculine Agar
- ↵ (E. Coli) : Escherichia Coli
- ↵ (ufc/g) : unités formant colonie par gramme
- ↵ (TSI) : Triple Sugar Iron
- ↵ Milieu (SS) : Milieu de culture pour Salmonella et *SHIGELLA*
- ↵ (OMS) : Organisation Mondiale de la Santé
- ↵ (FAO) : Food and Agriculture Organization

# **INTRODUCTION**

### Introduction

La viande rouge, consommée par l'Homme depuis la Préhistoire, continue d'occuper une place prépondérante dans l'alimentation moderne à travers le monde. Elle provient majoritairement de mammifères tels que le bœuf, le mouton et le cheval. Elle constitue une source alimentaire riche en nutriments. Elle apporte des protéines de haute valeur biologique, du fer héminique, du zinc, du sélénium, des acides gras essentiels et des vitamines du groupe B, notamment la B12, absente dans les aliments d'origine végétale (Givens et al., 2006 ; McAfee et al., 2010). Elle se caractérise par une teneur élevée en myoglobine, responsable de sa couleur rouge (Williams, 2007).

Ces éléments nutritifs confèrent à la viande rouge un rôle important dans la prévention des carences nutritionnelles, notamment chez les enfants en croissance, les femmes enceintes et les personnes âgées. Les protéines animales présentent une digestibilité avoisinant les 95 %, et un profil en acides aminés essentiels supérieur à celui des protéines végétales (WHO/FAO, 2007 ; Berg et al., 2009). De plus, les lipides intramusculaires, notamment le CLA (acide linoléique conjugué) et les oméga-3 issus d'animaux nourris à l'herbe, participent à des fonctions physiologiques bénéfiques, notamment anti-inflammatoires et cardio-protectrices (Schmid et al., 2006 ; Wood et al., 2008 ; Daley et al., 2010).

Par ailleurs, à cause de sa richesse en eau (a élevée) et en nutriments, la viande rouge constitue un milieu idéal pour le développement des micro-organismes. En effet, plusieurs pathogènes peuvent être rencontrés dans la viande rouge, tels que *Escherichia coli* O157 :H7, *LISTERIA MONOCYTOGENES*, *SALMONELLA SPP.*, *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* et *CLOSTRIDIUM PERFRINGENS* (NataroetKaper, 1998 ; Jay et al., 2005 ; Swaminathan et Gerner-Smidt, 2007). Ces microorganismes peuvent contaminer la viande à différentes étapes de la chaîne de production, depuis l'abattage jusqu'à la consommation (NataroetKaper, 1998 ; Mead et al., 1999 ; Jay et al., 2005). Ces microorganismes sont à l'origine d'intoxications alimentaires parfois graves, en particulier chez les populations vulnérables.

De nombreux facteurs influencent la contamination microbiologique : l'état de santé de l'animal, les conditions d'abattage, la manipulation des carcasses, l'hygiène des équipements et des travailleurs, la rupture de la chaîne du froid et la durée de conservation (Gill, 2005 ; Doyle et Erickson, 2006). Face à ces dangers, diverses stratégies de maîtrise sont mises en œuvre notamment bonnes pratiques d'hygiène (BPH), système HACCP, emballage sous atmosphère modifiée, irradiation, traitements à haute pression, pasteurisation, etc. (Alpas et al., 2000 ; Van Lunen et al., 2002; Tewari et al., 2008).

Dans ce contexte, ce travail visait à évaluer la contamination microbienne de la viande rouge et leurs dérivées commercialisées dans la région d'Ain Témouchent.

Afin d'atteindre ces objectifs, ce manuscrite partagé en trois parties :

- La première partie est consacrée à la synthèse bibliographique sur la viande rouge et leurs dérivées ;

- La deuxième partie décrit la méthodologie expérimentale et les techniques utilisées;
- La troisième partie expose les principaux résultats et leur discussion.

## **I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

### I. 1. Définition

La viande rouge désigne généralement la viande provenant de mammifères, caractérisée par une teneur plus élevée en myoglobine, une protéine pigmentaire responsable de sa couleur rouge. Parmi les viandes rouges les plus consommées, on retrouve principalement le bœuf, le mouton et le cheval, chacune ayant des particularités nutritionnelles, sensorielles et économiques.

Sur le plan nutritionnel, la viande rouge est une source majeure de protéines complètes, c'est-à-dire contenant tous les acides aminés essentiels. Elle fournit aussi des nutriments indispensables comme le fer héminique, le zinc, la vitamine B12, le sélénium et les vitamines du groupe B, notamment la B6 et la niacine (Williams, 2007 ; McAfee et *al.*, 2010). Ces nutriments jouent un rôle central dans la production d'énergie, l'immunité, la fonction neurologique et la santé sanguine.

Comme montre le tableau 1, les caractéristiques de la viande varient selon plusieurs facteurs :

- **L'espèce animale** : Le bœuf est généralement plus ferme et riche en fer ; le mouton a une teneur plus élevée en lipides, notamment en acides gras saturés ; la viande chevaline est plus maigre, riche en fer et légèrement sucrée (Pighin et *al.*, 2016).
- **L'âge de l'animal** : La viande issue de jeunes animaux est plus tendre mais moins riche en nutriments que celle d'animaux adultes (Kouba et Mourot, 2011).
- **L'alimentation** : Un régime riche en fourrages améliore le profil en acides gras insaturés, notamment en oméga-3 (Daley et *al.*, 2010).
- **Les techniques d'élevage** : L'élevage extensif produit généralement une viande plus riche en micronutriments et en antioxydants (Realini et *al.*, 2004).

La consommation de viande rouge doit néanmoins être modérée selon certaines recommandations de santé publique, notamment pour limiter l'apport en graisses saturées et en cholestérol, liés aux risques cardiovasculaires lorsqu'ils sont consommés en excès (Wolk, 2017).

Tableau 01 : Caractéristiques de la viande varient selon plusieurs facteurs.

<b>Facteur</b>	<b>Influence sur la viande</b>	<b>Référence</b>
<b>Espèce animale</b>	Bœuf : plus ferme, riche en fer - Mouton : plus de lipides, surtout saturés - Cheval : plus maigre, riche en fer, légèrement sucrée	Pighin et al. (2016)
<b>Âge de l'animal</b>	Jeunes animaux : viande plus tendre mais moins riche en nutriments que celle des adultes	Kouba et Mourot (2011)
<b>Alimentation</b>	Un régime riche en fourrages améliore le profil en acides gras insaturés, surtout les oméga-3	Daley et al. (2010)
<b>Techniques d'élevage</b>	L'élevage extensif donne une viande plus riche en micronutriments et en antioxydants	Realini et al. (2004)

### I. 2. Type de viande

On peut classer les viandes rouges en fonctions de plusieurs critères.

#### I. 2. 1. Viande de mouton

La viande de mouton provient des ovins, principalement des agneaux (jeunes ovins de moins de 12 mois) et des brebis adultes. Elle présente des différences organoleptiques marquées selon l'âge de l'animal :

- **L'agneau** offre une chair tendre, juteuse et douce, généralement appréciée pour les cuissons rapides (grillades, rôtis).
- **La brebis**, plus âgée, produit une viande plus foncée, plus ferme et plus aromatique, adaptée aux cuissons longues comme les ragoûts et tajines (Savell et al., 2005 ; Binnie et al., 2014).

Sur le plan nutritionnel, la viande de mouton est :

- Riche en protéines complètes ;
- Contient des graisses saturées, mais aussi des acides gras bénéfiques comme les acides gras oméga-3 (notamment si l'animal a été nourri à l'herbe) (Givens et al., 2006 ; Wood et al., 2008) ;
- Fournit des vitamines du groupe B (B2, B3, B6, B12) ;
- Est une excellente source de zinc, fer hémunique et sélénium.

Les pratiques d'élevage influencent considérablement la qualité de la viande :

- L'élevage extensif (plein air) produit une viande avec un meilleur profil lipidique, plus riche en CLA (acide linoléique conjugué) et oméga-3 (Santos-Silva et al., 2002).
- L'élevage intensif, basé sur les concentrés et céréales, favorise une croissance rapide mais peut diminuer la qualité nutritionnelle et sensorielle de la viande (Realini et al., 2004).

### I. 2. 2. Viande de cheval

La viande chevaline est une viande rouge pauvre en lipides (généralement entre 2 et 4 %), mais riche en protéines et en fer bio disponible, ce qui la rend intéressante sur le plan diététique, notamment pour les enfants, femmes enceintes et personnes anémiées (Biesalski, 2005 ; Listrat et *al.*, 2016).

Particularités :

- Saveur légèrement sucrée, liée à une teneur élevée en glycogène dans les muscles ;
- Texture tendre et juteuse, favorable aux cuissons rapides ou en préparations séchées (charcuterie chevaline) (Franco et Lorenzo, 2014) ;
- Faible teneur en graisses saturées, avec une bonne proportion d'acides gras insaturés (Polidori et *al.*, 2008).

Malgré ses qualités nutritionnelles, sa consommation varie fortement selon les pays en raison de facteurs culturels. Elle est acceptée en France, Italie, Belgique, Japon et Kazakhstan, mais rejetée dans d'autres pays pour des raisons éthiques ou religieuses (Dufour et Saucier, 2012).

### I. 2. 3. Viande de bœuf

La viande bovine est la viande rouge la plus consommée dans le monde, en raison de sa valeur nutritive par rapport aux autres viandes blanches et les œufs (Tableau 02) et de son potentiel culinaire (Mancini et Hunt, 2005).

Elle est riche en :

- Protéines de haute qualité (20–25 g/100 g) ;
- Fer héminique (hautement absorbable) ;
- Vitamines B12, B3, B6 ;
- Zinc, phosphore et sélénium (McAfee et *al.*, 2010).

Les races bovines influencent fortement la qualité de la viande :

- **Angus** : connue pour son per-sillage élevé, sa tendreté et sa richesse aromatique ;
- **Charolaise** : viande plus maigre, mais ferme et goûteuse (Hocquette et *al.*, 2014).

La maturation de la viande (dry aging) améliore la tendreté et les arômes en favorisant la dégradation des fibres musculaires par des enzymes naturelles (Toldrá, 2006).

Le mode de cuisson a également un rôle clé :

- Cuisson à **feu vif** (grill, poêle) : caramélisation (réaction de Maillard), formation d'arômes grillés, conservation des sucres (Mottram, 1998) ;
- Cuisson **lente à basse température** : amélioration de la tendreté, hydratation, et développement progressif des arômes (Tornberg, 2005).

Tableau 02 : Tableau comparatif de la composition moyenne de la viande rouge de bœuf maigre, viande blanche et œufs pour 100 g de portion comestible.

Nutriments	Viande rouge (bœuf maigre)	Viande blanche (Poulet, sans peau)	Œuf entière (cuit)	References
<b>Calories (kcal)</b>	~250	~165	~143	USDA FoodData Central (2024)
<b>Protéines (g)</b>	~26	~31	~13	Layman et al. (2009)
<b>Lipides totaux (g)</b>	~18	~4	~10	Wyness et al. (2011)
<b>AG saturés (g)</b>	~7	~1.2	~3.3	Wyness et al. (2011) Ruxton et al. (2010)
<b>AG insaturés (g)</b>	~9–10	~2.5–3	~4.5	Ruxton et al. (2010)
<b>Fer (mg)</b>	~2.6 (hémérique)	~1.3	~1.8 (non hémérique)	Wyness et al. (2011)
<b>Zinc (mg)</b>	~4.5	~1.0	~1.0	FAO (2011)
<b>Cholestérol (mg)</b>	~80	~85	~370	Ruxton et al. (2010)
<b>Vitamines B</b>	B12, B6, niacine	B3, B6, moins de B12	B2, B5, B12, choline	Ruxton et al. (2010)
<b>Autres points clés</b>	Créatine, myoglobine, plus dense	Plus digeste, moins de graisses	Antioxydants (lutéine, zéaxanthine), choline	Ruxton et al. (2010) Wyness et al. (2011) Layman et al. (2009)

### I. 3. Composition nutritionnelle des viandes rouges

La viande rouge est un aliment complexe dont la composition varie selon l'espèce animale (bœuf, mouton, cheval, etc.), l'âge, le mode d'élevage, l'alimentation et les méthodes de transformation post-abattage (Hocquette et *al.*, 2014). Les principaux composants sont :

#### • Eau (60–75 %)

L'eau est le composant majoritaire de la viande, représentant en moyenne 70 % de sa masse. Elle est présente à la fois sous forme liée (dans les structures cellulaires) et libre (dans les espaces extracellulaires).

- Elle joue un rôle fondamental dans la JUTOSITE, la tendreté et la texture.
- Après abattage, les pertes d'eau dues à la dénaturation des protéines peuvent diminuer la qualité sensorielle (Huff-Lonergan et Lonergan, 2005).
- Le pH post-mortem, la température et le processus de maturation influencent également la capacité de rétention d'eau (Lawrie et Ledward, 2006).

#### • Protéines (15–25 %)

Les protéines musculaires sont à la base de la valeur nutritionnelle et fonctionnelle de la viande rouge.

On distingue :

- **Protéines myofibrillaires** : myosine, actine → impliquées dans la contraction musculaire et responsables de la **structure** du muscle.
- **Protéines sarcoplasmiques** : enzymes, myoglobine → contribuent à la couleur (via la myoglobine) et aux réactions enzymatiques post-mortem.
- **Protéines du tissu conjonctif** : collagène, élastine → influencent directement la tendreté, surtout chez les animaux plus âgés (Mancini et Hunt, 2005 ; Listrat et *al.*, 2016).

Les protéines de la viande ont une haute valeur biologique (score complet en acides aminés essentiels), avec une digestibilité élevée (90–95 %) (WHO/FAO, 2007).

#### • Lipides (2–25 %)

La teneur en lipides varie fortement selon :

- **L'espèce** : plus élevée dans le mouton que dans le cheval.
- **Le type de coupe** : certaines parties (entrecôte, poitrine) sont plus grasses.
- **L'alimentation** : les animaux nourris à l'herbe ont un meilleur **profil lipidique**.

Types de lipides :

- **Graisses intramusculaires (per-sillage)** : améliorent la tendreté, la saveur et l'arôme lors de la cuisson (Savell et *al.*, 2005).
- **Acides gras saturés** : en proportions variables, selon le régime de l'animal.
- **Acides gras mono-insaturés (AGMI) et polyinsaturés (AGPI)** : en particulier les oméga-3, plus présents dans les viandes issues d'animaux nourris à l'herbe (Wood et *al.*, 2008; Daley et *al.*, 2010).
- **CLA (acide linoléique conjugué)** : effet antioxydant et possible rôle dans la prévention de certaines pathologies métaboliques (Schmid et *al.*, 2006).

### • Minéraux

La viande rouge est une source importante de minéraux hautement bio disponibles :

- **Fer héminique** : plus facilement absorbé (15–35 %) que le fer végétal (2–20 %) ; essentiel pour l'oxygénation du sang (Givens et *al.*, 2006 ; McAfee et *al.*, 2010).
- **Zinc** : nécessaire pour l'immunité, la cicatrisation, et les fonctions enzymatiques.
- **Sélénium** : antioxydant, participe à la protection contre le stress oxydatif.
- **Phosphore** : essentiel pour les os et les membranes cellulaires.

### • Vitamines

La viande rouge est une source exceptionnelle de vitamines hydrosolubles du groupe B, notamment :

- **Vitamine B12 (cobalamine)** : absente dans les sources végétales ; essentielle pour la synthèse de l'ADN, la formation des globules rouges, et le fonctionnement du système nerveux (McNeillet Van Elswyk, 2012).
- **Vitamines B3 (niacine), B6 (pyridoxine), B2 (riboflavine)** : jouent un rôle dans le métabolisme énergétique.

La consommation modérée de viande rouge dans une alimentation équilibrée permet de couvrir efficacement les besoins nutritionnels sans recours excessif à la supplémentation (Binnie et *al.*, 2014).

### I. 4. Qualité organoleptique

La qualité organoleptique est l'ensemble des caractéristiques sensorielles perçues par les organes des sens : couleur, odeur, goût, tendreté, texture et JUTOSITE. Ces attributs influencent fortement la décision d'achat et la satisfaction du consommateur.

#### I. 4. 1. Couleur

La couleur est l'un des premiers critères visuels utilisés par les consommateurs pour évaluer la fraîcheur de la viande. Elle dépend principalement de la myoglobine, une protéine musculaire responsable du transport de l'oxygène. Selon son état d'oxydation, la myoglobine prend différentes formes : **désoxy-myoglobine** (violette, en absence d'oxygène), **oxymyoglobine** (rouge vif, en présence d'oxygène), et **METMYOGLOBINE** (brunâtre, en cas d'oxydation prolongée) (Mancini et Hunt, 2005). Les variations de pH, la température de stockage, l'exposition à la lumière et les conditions d'emballage influencent ces transformations (Faustman et al., 2010). Une accumulation de **METMYOGLOBINE** diminue l'attrait visuel et est souvent interprétée comme un signe d'altération.

#### I. 4. 2. Tendreté

La tendreté est une qualité déterminante pour l'acceptabilité de la viande. Elle est influencée par plusieurs facteurs : la **structure des fibres musculaires**, la **teneur en collagène** (notamment sa solubilité), et les **changements biochimiques post-mortem**. Après l'abattage, des enzymes protéolytiques comme les calpaines et la cathepsine B participent à la dégradation des fibres musculaires, améliorant ainsi la tendreté (KoochmaraietGeesink, 2006). Le **procédé de maturation**, surtout à froid, optimise cette dégradation (Huff-Lonergan et Lonergan, 2005). En outre, l'alimentation (fourrage vs céréales), le stress pré-abattage, et la race de l'animal peuvent également modifier la tendreté finale (Hocquette et al., 2010).

#### I. 4.3. Flaveur

La flaveur (goût + arôme) provient de la libération de **composés volatils** pendant la cuisson. Elle est influencée par :

- La **réaction de Maillard**, qui résulte de l'interaction entre les sucres réducteurs et les acides aminés (Mottram, 1998),
- L'**oxydation des lipides**, qui génère des aldéhydes et cétones aromatiques (Elmore et al., 1999),

- Le **per-sillage**, c'est-à-dire la graisse intramusculaire qui fond à la cuisson, libérant des arômes riches.

Le régime alimentaire influe aussi : la viande issue d'animaux nourris à l'herbe contient plus d'acides gras polyinsaturés, ce qui donne une saveur plus prononcée, comparée à une alimentation à base de céréales (Priolo et *al.*, 2001). Les méthodes de maturation, telles que le dry-aging, intensifient également les saveurs (Kim et *al.*, 2016).

### **I.4. 4. JUTOSITE**

La JUTOSITE est la sensation d'humidité perçue lors de la mastication. Elle dépend de la capacité de rétention d'eau (WHC) du muscle, affectée par le pH post-mortem, la dénaturation des protéines et la cuisson (Tornberg, 2005). Une cuisson excessive entraîne une perte d'eau importante, réduisant la JUTOSITE. Des techniques comme la cuisson sous vide ou l'ajout de marinades permettent de limiter cette perte (Christensen et *al.*, 2011). Par ailleurs, la teneur en lipides intramusculaires augmente la JUTOSITE en fondant durant la cuisson, ce qui lubrifie les fibres musculaires (Savell et *al.*, 2005).

### **I. 4. 5. Qualité d'usage**

La qualité d'usage fait référence à la facilité avec laquelle la viande peut être transformée et préparée pour la consommation. Certaines viandes, comme celles provenant de bovins âgés ou de muscles riches en collagène, se prêtent mieux aux cuissons longues, telles que le pot-au-feu, le ragoût ou les plats mijotés, qui permettent de décomposer le collagène et rendre la viande plus tendre (Troy et Kerry, 2010). D'autres, comme les steaks ou les côtelettes, sont idéales pour les grillades ou pour être consommées crues, dans des plats comme le carpaccio ou le tartare.

La qualité d'usage est influencée par la tendreté, la teneur en lipides et l'adaptabilité aux différents types de cuisson. Par exemple, les viandes à faible teneur en lipides, comme celles provenant de jeunes animaux nourris principalement avec des herbes, sont souvent plus fermes et moins adaptées à des cuissons rapides, tandis que les viandes plus grasses ou maturées (comme le bœuf vieilli à sec) ont une texture plus tendre et peuvent être cuites à des températures plus élevées sans se dessécher (Harris et *al.*, 2001).

Les nouvelles technologies alimentaires, telles que la cuisson sous vide, permettent d'optimiser la texture et la saveur des viandes tout en réduisant la perte de nutriments durant la cuisson (Van Lunen et *al.*, 2002). Cette méthode permet également de réduire le temps de cuisson et d'améliorer la JUTOSITE, ce qui rend la viande plus tendre et savoureuse.

### I.5. Qualité microbiologique

La **qualité microbiologique** de la viande est un élément essentiel à la salubrité et l'innocuité de la viande. Ces agents peuvent se développer à toutes les étapes de la chaîne de production, depuis l'élevage jusqu'à la consommation. La viande rouge, notamment, peut être contaminée par une variété de **bactéries pathogènes et/ou d'altération**.

Ceci est une catégorisation des bactéries que vous avez citées, organisée en fonction de leur niveau de danger pour l'être humain, en prenant en compte leur capacité à causer des maladies, leur toxicité et leur fréquence de participation à des affections graves.

#### I. 5. 1. Flore d'altération

Les flores bactériennes d'altération, également connues sous le nom de bactéries d'altération, sont naturellement présentes dans la viande et sont responsables de sa dégradation progressive. Bien que ces bactéries ne soient pas directement dangereuses pour la santé humaine, elles peuvent affecter la qualité sensorielle de la viande, entraînant des altérations visibles et olfactives qui peuvent rendre la viande impropre à la consommation.

#### *LACTOBACILLUS SPP*

Les *LACTOBACILLUS SPP.* sont des bactéries lactiques, fréquemment retrouvées dans les viandes conditionnées sous vide ou dans des environnements à faible teneur en oxygène. Elles jouent un rôle dans la fermentation des produits carnés et, dans certains cas, peuvent avoir des effets bénéfiques en prolongeant la durée de conservation en inhibant la croissance d'autres micro-organismes pathogènes ou indésirables (Doulgeraki et *al.*, 2012). Les lactobacilles ont une activité antagoniste contre les *Clostridium* et d'autres bactéries pathogènes, et leur présence dans des produits carnés fermentés (tels que les saucisses) peut être un facteur de sécurité microbiologique supplémentaire.

Les bactéries saprophytes sont influencées par plusieurs paramètres environnementaux, dont la température de stockage, l'humidité et la disponibilité d'oxygène. La température est un facteur essentiel, car elle influence directement la vitesse de croissance de ces bactéries. Une température de stockage trop élevée accélère leur prolifération, ce qui peut entraîner une altération rapide de la viande. Le taux d'humidité joue également un rôle important, car un environnement trop humide favorise la croissance de certaines espèces bactériennes, tandis qu'un

environnement trop sec peut limiter leur développement, mais affecter négativement la texture de la viande (Nychas et *al.*, 2008).

### ***BROCHOTHRIX THERMOSPACTA***

La *BROCHOTHRIX THERMOSPACTA* est une bactérie souvent rencontrée dans les viandes stockées sous atmosphère modifiée ou sous vide, où les conditions sont favorables à sa croissance. Cette bactérie produit des acides organiques et des composés volatils responsables des odeurs désagréables associées à la viande avariée (Listrat et *al.*, 2016). Elle est particulièrement présente dans les viandes qui ont été traitées pour prolonger leur durée de conservation, mais elle peut également causer une altération de la qualité organoleptique, ce qui réduit l'acceptation du produit par les consommateurs.

### ***PSEUDOMONAS SPP***

Les *Pseudomonas* spp. Sont des bactéries aérobies qui jouent un rôle majeur dans la dégradation de la viande réfrigérée. Elles sont capables de croître en présence d'oxygène et sont responsables de nombreux signes de détérioration tels que la décoloration de la viande, une odeur désagréable et un changement dans la texture (Gill, 2005). Ces bactéries produisent des pigments et des enzymes protéolytiques qui dégradent les protéines et les graisses dans la viande, entraînant la perte de la qualité visuelle et sensorielle du produit. Les *Pseudomonas* sont particulièrement actives à des températures de stockage plus élevées, ce qui explique pourquoi il est important de respecter la chaîne du froid pour limiter leur prolifération.

### **Germes totaux**

Les germes totaux font référence à l'ensemble des bactéries, qu'elles soient pathogènes ou non, présentes dans un échantillon de viande. Leur comptage est utilisé comme un indicateur de la qualité microbiologique et de l'état de fraîcheur du produit. Les germes totaux comprennent à la fois des bactéries saprophytes qui ne représentent pas un danger immédiat pour la santé humaine, mais peuvent altérer la viande en termes de texture, d'odeur et de couleur, ainsi que des bactéries pathogènes potentiellement dangereuses pour la santé. (Jay et *al.*, 2005)

Un nombre élevé de germes totaux est un signe de contamination et peut être associé à des conditions de manipulation ou de stockage inadéquates. Un comptage élevé de ces bactéries

peut aussi indiquer que la viande est en voie de décomposition et donc plus susceptible de contenir des pathogènes. (Gill, 2005).

### **Coliformes totaux et les coliformes fécaux**

Les **coliformes** sont un groupe de bactéries qui servent d'indicateurs de contamination fécale ou environnementale. Ils sont présents dans la plupart des milieux naturels, mais leur présence dans la viande peut indiquer une mauvaise hygiène lors de la manipulation ou de la transformation de la viande. Les coliformes sont divisés en deux catégories :

- **Coliformes totaux** : Ce groupe inclut des bactéries telles qu'*ENTEROBACTER SPP.* et *KLEBSIELLA SPP.*, qui est couramment présentes dans l'environnement et dans le tractus digestif des animaux. Leur présence dans la viande peut être due à des contaminations environnementales ou à une mauvaise gestion de l'hygiène pendant le processus de transformation (Doyle et Erickson, 2006).
- **Coliformes fécaux** : Ces bactéries proviennent spécifiquement du tube digestif des animaux et des êtres humains. *Escherichia coli*, notamment les souches pathogènes comme *E. coli* O157:H7, est un exemple de coliforme fécal. La présence de coliformes fécaux dans la viande est un indicateur direct de contamination par des matières fécales et révèle un manquement à l'hygiène lors de l'abattage ou de la transformation (Doyle et Erickson, 2006). La contamination fécale est particulièrement préoccupante car elle peut être associée à des pathogènes dangereux.

### **Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR)**

Les Anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) sont des bactéries capables de croître et de se multiplier en absence d'oxygène. Ces micro-organismes sont particulièrement préoccupants car ils peuvent produire des toxines potentiellement dangereuses pour la santé humaine. Parmi les ASR les plus connus se trouvent des *Clostridium spp.*, en particulier *Clostridium perfringens*, qui est responsable de toxi-infections alimentaires.

Cette bactérie est couramment retrouvée dans la viande mal conservée, surtout celle qui a été réchauffée à des températures insuffisantes ou laissée à température ambiante pendant trop longtemps. Elle est responsable de toxi-infections alimentaires caractérisées par des douleurs abdominales et des diarrhées sévères. *C. perfringens* produit des toxines puissantes qui se

forment lors de la croissance de la bactérie dans des conditions anaérobies (Mead et *al.*, 1999). Les conditions optimales pour la croissance de *C. perfringens* sont des températures entre 20°C et 50°C, ce qui fait de cette bactérie un agent de risque majeur dans les viandes mal stockées ou réchauffées de manière inappropriée.

Les ASR sont souvent des indicateurs de mauvaises pratiques de conservation et de manipulation, en particulier de l'absence de réfrigération adéquate ou de la mauvaise gestion du temps de stockage de la viande.

### ***PSEUDOMONAS AERUGINOSA***

*PSEUDOMONAS AERUGINOSA* est une bactérie opportuniste principalement responsable de l'altération de la viande réfrigérée, bien qu'elle soit rarement pathogène pour l'homme en dehors de conditions particulières. Cette bactérie a la capacité de produire des enzymes (comme les protéases et les lipases) et des pigments qui affectent la couleur, l'odeur et la texture des produits carnés. Ces changements altèrent la qualité organoleptique de la viande, la rendant moins attrayante et diminuant sa durée de conservation.

*PSEUDOMONAS AERUGINOSA* est particulièrement problématique dans les environnements de stockage réfrigérés, où elle se développe bien à des températures comprises entre 4°C et 8°C. Bien que cette bactérie ne soit pas une cause fréquente d'infections chez des individus en bonne santé, elle peut constituer un risque pour les personnes immunodéprimées, provoquant des infections opportunistes. Ces infections peuvent affecter divers organes, y compris les poumons, la peau et le système nerveux central (Gill, 2005). La contamination de la viande par cette bactérie est généralement liée à une mauvaise gestion des conditions de stockage ou à une manipulation hygiénique inadéquate.

### **I. 5. 2. Flore pathogènes**

Les bactéries pathogènes représentent un risque majeur pour la santé publique, car elles peuvent entraîner des maladies graves, notamment des intoxications alimentaires et des infections systémiques. Contrairement aux bactéries saprophytes, qui altèrent la qualité de la viande sans être nécessairement dangereuses pour la santé humaine, les bactéries pathogènes peuvent causer des maladies potentiellement mortelles. Elles sont présentes principalement dans

la viande crue, et leur prolifération est favorisée par une mauvaise conservation ou une cuisson inadéquate. Les principales bactéries pathogènes retrouvées dans la viande rouge comprennent :

### ***CLOSTRIDIUM PERFRINGENS***

*Clostridium perfringens* est une bactérie anaérobie sporulée fréquemment associée à la viande mal conservée ou à la viande réchauffée de manière inadéquate. Elle est responsable d'intoxications alimentaires fréquentes, avec des symptômes de douleurs abdominales, des diarrhées et des crampes intestinales. Cette bactérie se développe dans les produits carnés lorsque la viande est laissée trop longtemps à température ambiante ou n'est pas correctement réchauffée (Jay et al., 2005). Les spores de *C. perfringens* sont résistantes à la chaleur et peuvent survivre lors de la cuisson, mais se développent ensuite rapidement lorsqu'elles sont stockées à des températures insuffisamment basses.

### ***STAPHYLOCOCCUS AUREUS***

*Staphylococcus aureus* est une bactérie présente naturellement sur la peau, les muqueuses et dans les voies respiratoires supérieures des humains, ainsi que sur certaines surfaces animales. Elle est également capable de produire des entéro-toxines thermorésistantes qui sont responsables des intoxications alimentaires caractéristiques. Ces entéro-toxines sont résistantes à la chaleur, ce qui signifie qu'elles ne sont pas inactivées même par des températures de cuisson élevées. Les symptômes d'une intoxication par *S. aureus* incluent des vomissements, des douleurs abdominales et des diarrhées qui se manifestent généralement de façon rapide après la consommation de la viande contaminée.

La contamination de la viande par *S. aureus* survient principalement par la manipulation humaine, notamment lorsque des travailleurs non protégés, souffrant d'infections cutanées, manipulent les produits carnés. L'une des principales conditions favorisant son développement est la rupture de la chaîne du froid, c'est-à-dire la conservation à des températures inappropriées. En effet, *S. aureus* peut se multiplier à des températures comprises entre 7°C et 48°C, avec une croissance optimale entre 30°C et 37°C (Jay et al., 2005). Il est donc important de maintenir une bonne hygiène et de respecter les conditions de stockage strictes pour limiter les risques de contamination.

### ***LISTERIA MONOCYTOGENES***

*LISTERIA MONOCYTOGENES* est la cause de la listériose, une infection grave qui peut affecter le système nerveux central et provoquer des symptômes tels que des maux de tête, des raideurs de la nuque, des convulsions, et, dans les cas graves, des septicémies.

Cette bactérie est particulièrement préoccupante pour les populations vulnérables telles que les **femmes enceintes**, les **nouveau-nés**, les **personnes âgées** et les individus immunodéprimés. *Listeria* peut provoquer une **listériose**, une infection grave qui peut entraîner des complications comme des infections du système nerveux central (méningite) et des fausses couches (Swaminathan et Gerner-Smidt, 2007). Cette bactérie est capable de croître même à des températures de réfrigération, ce qui la rend particulièrement difficile à éliminer dans les produits carnés froids (Chan et *al.*, 2011). Le respect des conditions de **réfrigération rigoureuses** et des bonnes pratiques d'hygiène est essentiel pour éviter cette contamination.

### ***CAMPYLOBACTER SPP.***

*CAMPYLOBACTER SPP.* Est l'une des principales causes de gastro-entérites bactériennes dans le monde. Bien que cette bactérie soit plus fréquemment associée à la viande de volaille, elle peut également être retrouvée dans la viande rouge (Humphrey et *al.*, 2007). Les symptômes de l'infection à *CAMPYLOBACTER* incluent des douleurs abdominales, des diarrhées souvent sanglantes, de la fièvre, et parfois des vomissements.

Les souches les plus courantes responsables des infections humaines sont *CAMPYLOBACTER JEJUNI* et *CAMPYLOBACTER coli*, qui sont naturellement présentes dans le tractus intestinal des animaux, en particulier des volailles. La contamination de la viande se produit généralement lors de l'abattage et de la découpe, lorsque les intestins des animaux sont perforés, permettant la fuite de contenus intestinaux contaminés sur la viande.

La bactérie est particulièrement sensible à la chaleur, mais elle peut se multiplier rapidement à température ambiante. Le respect des pratiques de cuisson à température suffisante et de stockage sous réfrigération est essentiel pour prévenir cette infection (Humphrey et *al.*, 2007).

### **SHIGELLA SPP.**

Les *SHIGELLA SPP.* Sont des bactéries responsables de la SHIGELLOSE, une infection intestinale aiguë qui provoque des symptômes tels que des diarrhées sanglantes, des douleurs abdominales sévères, et des fièvres. Bien que leur présence dans la viande soit relativement rare, elles peuvent néanmoins être introduites par des manipulations inappropriées ou un contact avec de l'eau souillée lors de la transformation ou de la préparation de la viande. La SHIGELLOSE se transmet par voie fécale-orale, et la contamination alimentaire peut survenir en cas de non-respect des pratiques d'hygiène lors du traitement de la viande (Mead et *al.*, 1999).

Les *SHIGELLA SPP.* Sont des pathogènes humains stricts, ce qui signifie qu'elles ne résident généralement que dans l'intestin humain. Leur présence dans la viande suggère donc des problèmes dans les pratiques d'hygiène et peut indiquer des conditions de transformation insalubres ou un contact avec des sources d'eau contaminées. Les bactéries *SHIGELLA* sont particulièrement sensibles à des conditions de température extrêmes et peuvent être rapidement éliminées par des méthodes de cuisson appropriées (Mead et *al.*, 1999).

### **SALMONELLA SPP**

*SALMONELLA SPP.* Est une des principales causes d'intoxications alimentaires dans le monde. Cette bactérie est responsable de gastro-entérites sévères et peut causer des symptômes tels que de la fièvre, des douleurs abdominales, des vomissements et des diarrhées. Les formes graves peuvent entraîner des complications systémiques, en particulier chez les personnes immunodéprimées, les jeunes enfants et les personnes âgées. *Salmonella* est couramment associée à la consommation de viande insuffisamment cuite, notamment de volaille, mais peut également être retrouvée dans la viande rouge (Mead et *al.*, 1999 ; Swaminathan et Gerner-Smidt, 2007). La bactérie peut être éliminée par une cuisson adéquate de la viande, avec un cœur de cuisson atteignant au moins 70°C pendant plusieurs minutes.

La contamination par *Salmonella* peut provenir de plusieurs sources, notamment des animaux porteurs sains, des surfaces contaminées dans les établissements de transformation, ou encore une mauvaise hygiène lors de la découpe et du stockage de la viande. La viande de volaille est particulièrement vulnérable à cette contamination, mais les viandes rouges peuvent aussi être porteuses de *Salmonella* si les conditions de traitement et de stockage ne sont pas

respectées. La bactérie peut survivre à des températures modérées et se multiplier rapidement si la viande est stockée à une température trop élevée (Swaminathan et Gerner-Smidt, 2007).

### ***Escherichia coli* O157:H7**

*Escherichia coli* O157:H7 est l'une des souches les plus dangereuses d'*Escherichia coli*. Cette bactérie est responsable de nombreuses intoxications alimentaires graves. Elle provoque des symptômes tels que des diarrhées sanglantes, des douleurs abdominales sévères et peut entraîner des complications graves, notamment le syndrome hémolytique et urémique (SHU), qui peut entraîner une insuffisance rénale aiguë et la mort (Nataro et Kaper, 1998 ; Doyle et Erickson, 2006). La contamination par *E. coli* O157:H7 provient principalement des intestins des animaux, en particulier des ruminants, et peut être transmise à la viande lors de l'abattage et du traitement des carcasses. Il est souvent associé à des **infections intestinales graves**, généralement suite à la consommation de viande insuffisamment cuite, en particulier de viande hachée ou de produits carnés crus (McDonald et *al.*, 2017). Les viandes hachées sont particulièrement vulnérables à cette contamination en raison de la surface accrue exposée à la contamination et du risque de dispersion des pathogènes lors de leur traitement (Rangel et *al.*, 2005).

## **I. 6. Origine de la contamination des viandes rouges**

L'origine de la contamination des viandes est un problème majeur de sécurité alimentaire, car elle peut entraîner des maladies d'origine alimentaire et altérer la qualité des produits carnés. Cette contamination peut provenir de facteurs exogènes (environnement extérieur) ou endogènes (de l'animal lui-même). Il est important de bien comprendre ces sources pour mieux maîtriser les risques microbiologiques et garantir la sécurité des produits carnés.

### **I. 6. 1. Origine exogène**

La contamination exogène désigne l'introduction de contaminants dans la viande à partir de sources extérieures à l'animal. Elle peut se produire à n'importe quel moment de la chaîne de production, de l'abattage à la consommation. Plusieurs facteurs sont impliqués dans cette contamination, chacun pouvant représenter un risque important si les bonnes pratiques d'hygiène ne sont pas respectées.

#### **I. 6. 1. 1. Hygiène des abattoirs et des équipements**

Un environnement d'abattage mal entretenu est une des principales sources de contamination des viandes. L'absence de nettoyage et de désinfection régulière des équipements et des surfaces de travail peut entraîner une prolifération de bactéries pathogènes. Des études ont montré que des bactéries comme *Salmonella* et *Escherichia coli* peuvent persister sur les équipements contaminés, même après plusieurs nettoyages partiels (Gill, 2005). Il est donc essentiel que les abattoirs maintiennent des pratiques de désinfection rigoureuses pour minimiser ces risques. Les outils comme les couteaux, les hachoirs et les machines de découpe doivent être désinfectés fréquemment pour éviter toute contamination croisée.

### **I. 6. 1. 2.Manipulation humaine**

Les travailleurs des abattoirs et des centres de découpe peuvent être des vecteurs de contamination si les normes d'hygiène ne sont pas respectées. *Staphylococcus aureus*, par exemple, peut être transmis par contact direct avec des mains non lavées ou par l'utilisation d'équipements contaminés (Hedrick et al., 2002). Les travailleurs doivent porter des vêtements adaptés, des gants et se laver régulièrement les mains pour limiter les risques de transmission. Le non-respect de ces pratiques d'hygiène est une cause majeure de contamination par des agents pathogènes dans les produits carnés.

### **I. 6. 1. 3.Air et poussières**

L'air ambiant dans les zones de transformation de la viande (abattoirs, salles de découpe) peut contenir des micro-organismes. Des bactéries comme *PSEUDOMONAS SPP* et *LISTERIA MONOCYTOGENES* peuvent se propager par les poussières et l'air, surtout dans les espaces mal ventilés. Une mauvaise ventilation dans ces zones favorise l'accumulation et la diffusion des agents pathogènes (Davidson et al., 2005). Des systèmes de ventilation efficaces et des protocoles de contrôle de la qualité de l'air sont donc nécessaires pour réduire ces risques.

### **I. 6. 1. 4.Eau de lavage contaminée**

L'eau utilisée pour nettoyer les carcasses et les équipements doit être potable et régulièrement contrôlée. Si l'eau de lavage est contaminée par des agents pathogènes comme les **coliformes fécaux**, elle peut devenir une source de contamination par *Escherichia coli O157 : H7* ou *Salmonella* spp. (Mead et al., 1999). Des systèmes de traitement et de filtration de l'eau doivent être mis en place dans les abattoirs pour garantir la qualité de l'eau utilisée. Des

contrôles fréquents sont essentiels pour s'assurer qu'aucune contamination ne survienne par ce biais.

### **I. 6. 1. 5. Insectes et rongeurs**

Les insectes (comme les mouches) et les rongeurs peuvent également jouer un rôle dans la contamination des viandes. Ces nuisibles peuvent transporter des bactéries sur leurs pattes et les déposer sur la viande ou les surfaces de transformation. Des études ont montré que ces vecteurs peuvent introduire des bactéries comme *SALMONELLA* SSP. Ou *CAMPYLOBACTER* SSP. dans les produits carnés (Hancock et *al.*, 2001). Pour limiter ce risque, des mesures de lutte antiparasitaire, telles que l'installation de pièges et l'usage de répulsifs, sont essentielles.

### **I. 6. 1. 6. Transport et stockage**

La rupture de la chaîne du froid pendant le transport ou le stockage des viandes est l'une des causes les plus courantes de contamination microbienne. Lorsque la température de stockage ou de transport dépasse les 4°C, des bactéries comme *SALMONELLA* SPP et *Clostridium perfringens* peuvent se multiplier rapidement (Swaminathan et Gerner-Smidt, 2007). Il est donc essentiel que la viande soit stockée dans des conditions réfrigérées constantes et que les transporteurs respectent les règles strictes de température pendant le transport pour garantir la sécurité du produit.

La durée de conservation de la viande, même sous conditions de réfrigération optimales, peut affecter sa qualité microbiologique. Une viande stockée trop longtemps peut voir la prolifération de bactéries psychotropes comme *PSEUDOMONAS* SPP., qui se développent à des températures réfrigérées et peuvent altérer les propriétés organoleptiques et microbiologiques de la viande (Bouvard et *al.*, 2015). Il est donc essentiel de respecter les dates de péremption et d'appliquer des techniques de gestion de stock efficaces pour éviter la conservation excessive de la viande.

### **I. 6. 2. Origine endogène**

Elle provient directement de l'animal avant et pendant l'abattage. Cette contamination peut être liée à la **flore microbienne** naturellement présente dans l'organisme de l'animal, mais elle peut également résulter d'infections contractées avant l'abattage. La gestion des risques microbiologiques d'origine endogène nécessite une attention particulière lors de l'élevage et de la préparation des animaux avant l'abattage.

#### **I. 6. 2. 1. Flore microbienne intestinale**

Le tractus digestif des animaux abrite une flore bactérienne complexe, dont certaines souches peuvent être pathogènes. Parmi les plus courantes, on retrouve *ESCHERICHIA COLI*, *SALMONELLA SPP.*, et *CAMPYLOBACTER SPP.*, des agents responsables de nombreuses infections alimentaires. Ces bactéries se trouvent principalement dans les intestins, mais peuvent contaminer la viande lors de l'éviscération si des pratiques sanitaires rigoureuses ne sont pas respectées. Une mauvaise manipulation des organes internes (notamment en cas de perforation intestinale ou d'éviscération inadéquate) peut entraîner la libération de ces bactéries dans la carcasse (Doyle et Erickson, 2006). Les micro-organismes intestinaux peuvent également migrer vers la surface de la viande et la contaminer. La prévention de ce type de contamination repose sur des pratiques rigoureuses de nettoyage et de désinfection des équipements, ainsi que sur la manipulation soignée des viscères lors de l'abattage.

### **I. 6. 2. 2. Présence de pathogènes dans le sang et les tissus**

Certaines bactéries pathogènes, telles que *LISTERIA MONOCYTOGENES*, peuvent être présentes dans le sang ou les muscles des animaux infectés. Ces bactéries peuvent se multiplier après l'abattage si les carcasses ne sont pas rapidement refroidies. *LISTERIA MONOCYTOGENES*, en particulier, est capable de se multiplier à des températures réfrigérées, ce qui représente un risque important pendant le stockage et la distribution de la viande (Farber et Peterkin, 1991). Ainsi, un contrôle strict de la température après l'abattage, incluant un refroidissement rapide, est nécessaire pour limiter la prolifération des bactéries et éviter leur multiplication dans les tissus.

### **I. 6. 2. 3. État de santé de l'animal avant l'abattage**

L'état de santé général de l'animal avant l'abattage joue un rôle déterminant dans la qualité microbiologique de la viande. Un animal malade ou stressé présente souvent une flore bactérienne altérée, ce qui peut augmenter le risque de contamination de la viande. Le **stress** avant l'abattage provoque la libération d'hormones, telles que le cortisol, qui peuvent affaiblir le système immunitaire de l'animal et favoriser la prolifération bactérienne (Chastain et *al.*, 1995). Le stress peut aussi altérer la structure des tissus musculaires, augmentant la susceptibilité des muscles à l'invasion bactérienne. La gestion du bien-être animal, notamment par des méthodes d'abattage plus humaines et un transport minimisant le stress, est essentielle pour réduire ce type de contamination (Mead et *al.*, 1999).

### **I. 6. 2. 4. Alimentation des animaux**

L'alimentation des animaux joue un rôle important dans la qualité microbiologique de la viande. Une alimentation contaminée par des pathogènes, notamment par *SALMONELLA SPP.*, peut favoriser la colonisation du tube digestif des animaux et augmenter le risque de contamination de la viande après l'abattage. Des études ont montré que les animaux nourris avec des aliments contaminés peuvent excréter des bactéries pathogènes dans leurs fèces, ce qui augmente les risques de contamination environnementale au sein des fermes (Wegener, 2003). De plus, certaines pratiques agricoles, comme l'utilisation d'aliments mal stockés ou la distribution d'aliments provenant de sources non contrôlées, peuvent être des vecteurs de propagation de *CAMPYLOBACTER* ou de *SALMONELLA* dans les troupeaux. La qualité et la provenance des aliments doivent donc être surveillées rigoureusement pour minimiser ces risques. Il est également essentiel de mettre en place des protocoles d'hygiène stricte dans les fermes, y compris la gestion de l'alimentation et de l'eau, pour réduire les risques d'introduction de pathogènes.

### I. 6. 3. Mesures de prévention

Pour réduire les risques de contamination par ces bactéries pathogènes, plusieurs mesures de prévention sont essentielles, telles que :

- **Cuisson complète de la viande** : Cuire la viande à une température interne minimale de 70°C pendant plusieurs minutes pour tuer les bactéries pathogènes, notamment *E. coli* O157:H7, *SALMONELLA SPP.*, et *LISTERIA MONOCYTOGENES*.
- **Respect des conditions de stockage et de la chaîne du froid** : Maintenir les produits carnés à une température inférieure à 4°C pour ralentir la croissance bactérienne, et utiliser des réfrigérateurs et congélateurs fiables pour éviter la prolifération de bactéries telles que *CLOSTRIDIUM PERFRINGENS* et *PSEUDOMONAS SPP.*
- **Bonnes pratiques d'hygiène** : S'assurer que les travailleurs des abattoirs et des usines de transformation respectent des normes strictes d'hygiène, notamment le lavage fréquent des mains, l'utilisation de gants et de vêtements de protection, et la désinfection des équipements de travail pour éviter les contaminations croisées.

## **II. MATERIELS ET METHODES**

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire pédagogique de département de Biologie, Faculté des Sciences et Technologie de l'Université de Ain Témouchent.

### II. 1. Échantillonnage des unités de viande

Les échantillons de la viande à analysés ont été prélevés de différents boucheries de la région de Ain Témouchent. Les boucheries ont été sélectionnés aléatoirement suivant la méthode aréolaire décrite par Grawitz (2001). Elle consiste à repérer des airs « aréoles » distincts sur une carte de la région de Ain Témouchent, d'une manière aléatoire. Ensuite, les boucheries de chaque zone étaient visitées pour les prélèvements des échantillons de différents sorts de viande.

Pour chaque boucherie, une unité de viande était prélevée afin d'obtenir un échantillon homogène et représentatif de l'ensemble du produit. Les unités étaient prélevées à l'aide d'un scalpel stérile en évitant la surface et la bordure de morceau de viande. Après prélèvements les morceaux étaient déposés dans des sac stériles puis transféré au laboratoire pour l'analyse le jour même. Les unités prélevées étaient transférées au laboratoire dans une glacière rigide contenant des accumulateurs de froid, afin de maintenir une température stable entre 0 et 4 °C.

### II. 2. Préparation des échantillons

Au total 22 unités de différents sorts de viande étaient prélevées, à partir de 10 boucheries, pour l'analyse microbiologique (Tableau 03). Une masse de la viande prélevée était pesée aseptiquement puis déposée dans un mortier stérile contenant une quantité de TSE (Tryptone Salt Extract) stérile suffisante pour avoir une dilution décimale. Le mélange était broyé afin d'homogénéiser la dilution mère.

Tableau 03 : Techniques utilisées pour rechercher et énumérer les microorganismes étudiés.

Microorganismes	Milieu Utilisé	Lecture et interprétation
Flore Aérobie Mésophile Totale	<b>PCA (Plate Count Agar)</b>	Ensemble des colonies
Dénombrement des coliformes et entérobactéries,	<b>VRBL (Violet Red Bile Lactose)</b>	
<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>Baird-Parker</b>	
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	Viande de foie	Colonie noir
Entérobactéries, notamment <i>Escherichia coli</i> .	<b>EMB (EosinMethylene Blue)</b>	

### II. 3. Préparation des dilutions

A partir de la dilution mère, une série des dilutions ont été réalisé jusqu'au  $10^3$ . Elle consiste à transférer 1 mL de chaque dilution dans un tube contenant 9 mL de TSE stérile.

Ces dilutions permettent d'obtenir un nombre de colonies comptables lors de l'ensemencement sur boîte (entre 30 et 300 UFC/boîte).

$$N = \frac{\sum C}{(n_1 + 0,1 \times n_2) \times d}$$

N : Nombre de colonies formant unités (CFU) par gramme ou millilitre de produit ;

$\sum C$  : Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues ;

$n_1$  : Nombre de boîtes retenues à la première dilution ;

$n_2$  : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ;

$d$  : Taux de dilution de la première dilution.

### II. 4. Recherche des micro-organismes

Dans ce travail, plusieurs microorganismes ont été recherchés. L'ensemble des microorganismes recherchés sont recommandés par le tableau de critères microbiologiques régi par l'arrêté interministériel de l'arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires publié au Journal officiel n°39 de 2 Juillet 2017 à l'exception de Salmonella.

#### 3.1. Flore aérobie mésophile totale (FMAT)

La flore aérobie mésophile totale (FAMT) a été recherchée suivant la procédure de JORAD. Elle consiste à ensemencer **0,5 ml** de chaque dilution sur la surface de milieu **PCA** (Plate Count Agar) contenant dans une boîte de Pétri de 90mm. Ensuite les cultures étaient à **30 °C pendant 24h**.

Après l'incubation l'ensemble des colonies obtenues, quel que soit leur aspect, sur milieu PCA étaient dénombrés.

#### 3.2. Recherche de *Staphylococcus* à coagulase positive

Les *Staphylococcus* à coagulase positive étaient recherchés suivant la procédure décrite par la réglementation. Un volume de 0,5 mL de chaque dilution était étalé sur milieu Baird Parker gélosé. Les cultures étaient incubées 37 °C pendant 24 à 48 h.

Les colonies suspectes sont des colonies noires entourées avec un précipité et un halo clair.

#### 3.3. Recherche des *ENTEROBACTERIACEA*

Les bactéries de cette famille ont été recherchées sur milieu VRBGA, EMB et ENDO suivant respectivement les procédures décrites par la réglementation. Elles consistent à étaler un volume de 0,5 mL de chaque dilution sur milieu concerné. Les cultures étaient ensuite incubées à 30°C pendant 24h.

Les colonies atypiques de *ENTEROBACTERIACEA* sont des colonies de couleur rose et ou métalliques.

#### Recherche de coliformes

Les coliformes totaux étaient recherchés suivant la procédure décrite par la règle, gestion. Elle consiste à étaler un volume de 0,5 mL sur milieu desoxycholate. Après séchage des boîtes, les cultures étaient incubées à 30°C pendant 24h. Les colonies présumées de coliformes sont des colonies de couleur rose.

### 3. 3. 2. Test d'orientation et de confirmation de l'authentification des genres

Après la purification de colonies obtenues à partir des différents milieux sélectifs, les isolats obtenus étaient identifiés en se basant sur une série de tests microbiologiques classiques pour l'orientation et la confirmation de l'authentification d'appartenance à la famille des *ENTEROBACTERIACEA*

En effet, les colonies suspectées étaient purifiées sur milieu Maconkey par la technique de cadran, puis incubées à 30°C / 24h. Après confirmation de purification des colonies, une série de tests biochimiques était réalisé :

#### Coloration de GRAM

Les colonies obtenues ont été suivies par une coloration de Gram pour confirmer leur appartenance, groupe de gram négatif. La coloration était illustrée sur l'annexe 03

#### Recherche de l'oxydase

Le test à l'oxydase permet d'identifier les bactéries productrices de cytochrome C oxydase, une enzyme de la chaîne bactérienne de transport d'électrons. En présence de cytochrome C oxydase, le réactif (di chlorhydrate de tétra méthyl-p-phényle diamine) s'oxyde en indophénols, un produit final violet ou bleu foncé. En l'absence de l'enzyme, le réactif reste réduit et incolore.

Sur une surface propre, un disque oxydase était placé sur une lame à l'aide d'une **pince flambée**, puis à l'aide d' **une pipette Pasteur** une öse de colonie à tester était déposée doucement sur le disque (Figure 02).

Une réaction positive se manifeste par l'apparition d'une coloration bleu foncé à violette dans un délai de 30 secondes, indiquant la présence de l'enzyme cytochrome C oxydase. En revanche, l'absence de coloration ou une coloration apparaissant au-delà de 30 secondes est considérée comme une réaction négative.

#### Test Oxydation-Fermentation

Le milieu de Hugh Leifson (M.E.V.A.G.) est un milieu de culture utilisé pour étudier le métabolisme des glucides chez les bactéries. Il permet de déterminer si les bactéries utilisent le glucose par voie fermentative, oxydative, ou les deux. Ce milieu est particulièrement utile pour différencier les bactéries en fonction de leur capacité à métaboliser les glucides en présence ou en absence d'oxygène.

- **Fermentatif** En absence d'oxygène, les bactéries produisent des acides, ce qui acidifie le milieu et fait virer le BTB au jaune.
- **Oxydatif** : En présence d'oxygène, les bactéries produisent moins d'acides, et le milieu reste vert ou devient bleu en surface (alcalinisation due à l'utilisation des peptides).

Les tubes doivent d'abord être placés dans un bain d'eau froide afin d'être refroidis. Une fois la température appropriée atteinte, l'inoculation est effectuée par une piqûre au centre du milieu à l'aide d'une aiguille droite. Les tubes sont ensuite incubés à 37 °C pendant 24 heures, avec le bouchon légèrement desserré pour permettre une bonne aération ;

### **Test de VOGES-PROSKAUER(VP)**

Le milieu de Clark & Lubs permet de différencier les *ENTEROBACTERIACEA* avec les réactions au rouge de méthyle. Le rouge de méthyle différencie le processus de fermentation, il est jaune au-dessus d'un pH de 6,3 et rouge en dessous de 4,2. La production d'acétylméthylcarbinol se révèle par l'apparition d'une coloration rouge en surface du milieu.

Pour réaliser le test, on inocule un tube de bouillon avec la souche bactérienne à analyser, puis on l'incube à 35–37 °C pendant 24 à 48 heures. Après incubation, on ajoute successivement le réactif VP1, puis le réactif VP2. Le développement d'une coloration rouge au sommet du tube indique une réaction positive.

### **Test biliaire à l'esculine**

Milieu utilisé lors de l'étude de l'hydrolyse de l'esculine par les entérobactéries lors du contrôle des produits alimentaires. Le principe du milieu repose sur l'aptitude de certaines bactéries à hydrolyser l'esculine en rompant la liaison glucosidique libérant du glucose et de l'esculine. Par sa fonction phénol, l'esculine donne avec des sels de fer une réaction colorée noire.

- Si le milieu est noir : le fer III a réagi avec l'esculine ; la bactérie possède l'enzyme esculine ;
- Si le milieu reste gris, il n'y a pas eu de réaction ; la bactérie ne possède pas l'enzyme.

Sur un milieu BEA (Bile Esculine Agar) en tube, l'inoculation est suivie d'une incubation à 35–37 °C pendant 24 à 48 heures. Après incubation, on observe l'apparition d'un noircissement du milieu autour de la croissance bactérienne, indiquant une hydrolyse de l'esculine

### **Test de Mannitol-Mobilité**

Il permet de vérifier si une bactérie est capable de fermenter le mannitol, un sucre, en produisant des acides qui entraînent un changement de couleur du milieu.

Ce test se réalise sur un milieu gélosé semi solide Mannitol-mobilité qui permet d'étudier la mobilité d'une souche bactérienne et de tester sa capacité à fermenter le mannitol (Guiraud, 2003).

L'ensemencement se fait par une piqûre centrale à l'aide d'une pipette Pasteur. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h. Le virage de l'indicateur de pH du rouge au jaune est un indice de la fermentation du mannitol. L'apparition de diffusion dans le milieu indique que le germe est motile, alors que l'absence de diffusion est un indice de l'immobilité du germe (Guiraud, 2003).

### Galleries API 10S

API 10 S est un système standardisé pour l'identification des *ENTEROBACTERIACEA* et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux. Il comprend 11 tests biochimiques miniaturisés réparti sur 10 micros tubes contenant des substrats déshydratés.

Avant d'ensemencer les galleries, les alvéoles de fond de la boîte étaient humidifiées par 3 mL d'eau distillée ou déminéralisée. Ensuite, un volume de la suspension bactériennes précédemment préparée à 0,5 McFarland, à tester étaient introduit dans les micros tubes suivant l'instruction de fabricant (Figure 01) :

- pour le test CIT, les tube et cupule étaient remplis ;
- pour les autres tests, uniquement les tubes (et non les cupules) étaient remplis ;
- pour les tests : LDC, ODC, H<sub>2</sub>S, URE, l'anaérobiose était créée en remplissant leur cupule d'huile de paraffine.

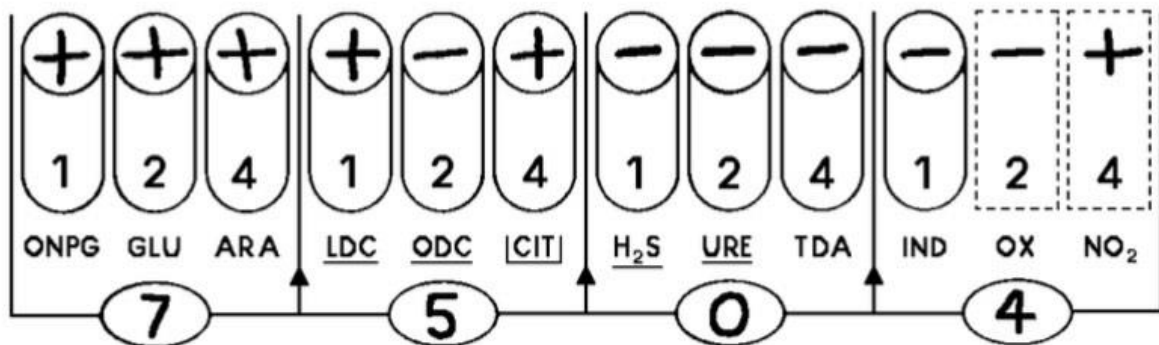


Figure 01 ; Test de galerie API10S.

Une fois les galeriesensemencées, les boites étaient refermées puis incubées à 30°C pendant 24h à 48h.

Après incubation, la lecture de résultats se fait à l'aide du tableau de Lecture. L'identification était effectuée à l'aide d'un logiciel d'identification API web<sup>TM</sup> DE Bio Mérieux.

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

## Résultats et discussion

---

### Prévalences

L'analyse de la prévalence des différents germes microbiens dans les échantillons de viandes et d'abats révèle plusieurs points préoccupants.

Tout d'abord, la famille des Entérobactéries affiche une prévalence très élevée, comprise entre 50% et 100 % (Figure 02). L'ensemble des unités analysées sont contaminées à l'exception de la viande importée et viande hachée de mouton dont la fréquence de contamination est de 50% et 65% respectivement. Cependant,

D'après Abbas et al. (2018), la rate est un organe stérile en conditions normales. Leur présence est signe d'une infection pré-mortel. Ce qui montre une bonne pratique d'hygiène au niveau de boucherie concerné.

Cette présence généralisée témoigne d'un niveau d'hygiène insuffisant tout au long de la chaîne de production et de distribution de la viande.

Les coliformes sont des bactéries appartenant au groupe d'*ENTEROBACTERIACEA*. Les échantillons. Les résultats montrent la présence de coliforme dans la plupart des sorts de viandes. La fréquence de contamination s'oscille entre 50% et 100%. Une forte fréquence de contamination était reportée pour viande de mouton et viande hachée de bœuf.

Au terme de ces résultats aucune relation entre la fréquence de contamination et le type de viande n'était observée qui est en relation avec les conditions d'hygiène.

Durant la préparation de la viande hachée, la viande est très manipulée et subit plusieurs traitements chez la boucherie qui l'expose à des contaminations croisées contrairement à la viande de mouton. Ces résultats reflète l'état d'hygiène chez les boucheries et l'état sanitaire de la viande n'est pas lié au type de viande mais à l'état sanitaire et hygiénique de boucherie.

La contamination des échantillons par des bactéries ne nécessite pas la présence de coliformes, mais la présence de coliformes confirme l'existence de cette relation entre les résultats de cette étude.

On peut affirmer que d'autres échantillons contenant de les *ENTEROBACTERIACEA* même s'ils ne contiennent pas de coliformes, peuvent contenir d'autres bactéries. Quant à l'alcali, sa distribution est différente et n'est pas liée à la présence de ce qui pourrait laisser penser que l'alcali présent dans les échantillons n'est pas tel ou tel et n'appartient pas à la Californie, contrairement aux échantillons de foie contenant de l'ashik, qui est considéré comme tel.

## Résultats et discussion

Par ailleurs, la présence d'*Escherichia coli* est particulièrement marquée dans certains produits, notamment la viande hachée de cheval, la viande hachée de mouton et la viande de mouton étrangère, où elle atteint également les 100 %. Étant un indicateur direct de contamination fécale, cette donnée soulève de sérieuses inquiétudes quant à la sécurité sanitaire de ces produits (figure 02).

La flore aérobie mésophile totale (FAMT) est quant à elle détectée à un taux de 100 % dans tous les échantillons, ce qui reflète une contamination microbienne généralisée, même si elle ne permet pas d'identifier spécifiquement des pathogènes. En revanche, les résultats concernant *Staphylococcus* montrent une absence de cette bactérie dans les échantillons analysés.

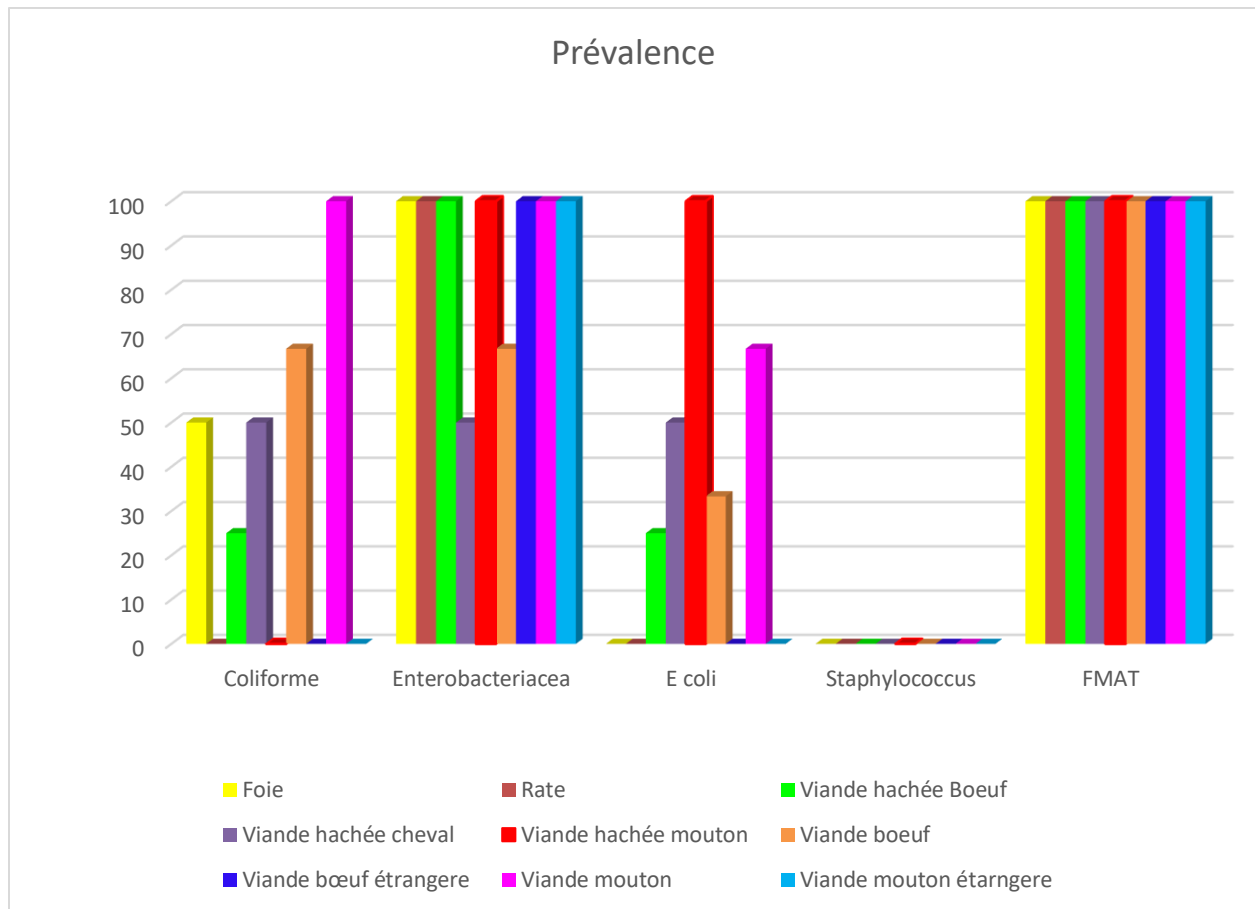


Figure 02 ; Distribution de prévalence de différents microorganismes dans les échantillons analysés.

### Concentration microbienne

## Résultats et discussion

Les abats, bien qu'ils présentent une charge microbienne globale élevée (FAMT > 7 log ufc/g), ne montrent aucune présence d'*E. Coli* ni de *Staphylocoques* coagulasse positive (Tableau04). Cela signifie que la contamination est probablement d'origine environnementale plutôt que fécale ou humaine. Toutefois, les **coliformes** détectés indiquent un défaut d'hygiène à un moment de la chaîne de transformation.

**Tableau 4 : Résultats microbiologiques des abats (Foie et Rate)**

Type de viande	Nombre des échantillons	Type de micro-organismes	Prévalence (%)	Concentrations (log ufc/g)			ANOVA
				Minimum	Maximum	Moyenne	
Foie	02	FAMT		5,20	9,00	7,10	
		<i>ENTEROBACTERIACEA</i>		3,69	3,84	3,77	
		<i>E. coli</i>		0,00	0,00	0,00	
		<i>Staphylococcus</i>		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	2,71	1,36	
Rate	01	FAMT		7,10	8,00	7,55	
		<i>ENTEROBACTERIACEA</i>		3,29	3,77	3,53	
		<i>E. coli</i>		0,00	0,00	0,00	
		<i>Staphylococcus</i>		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	1,36	0,68	

Les viandes hachées présentent des taux élevés de contamination par les entérobactéries, coliformes et *E. coli*. La viande de mouton hachée affiche des niveaux critiques (*E. coli* = 4,00 log UFC/g) (tableau 05 et 06), au-delà des normes acceptables pour les viandes crues. La transformation de la viande en haché augmente la surface d'exposition et multiplie des dangers microbiologiques croisée.

## Résultats et discussion

**Tableau 05: Résultats des viandes hachées**

Type de viande	Nombre des échantillons	Type de micro-organismes	Prévalence (%)	Concentrations (log ufc/g)			ANOVA
				Minimum	Maximum	Moyenne	
Viande Hachée	08	FAMT		3,26	5,36	4,43	
		ENTEROBACTERIACEA		0,00	8,00	6,30	
		<i>E. coli</i>		0,00	3,62	0,70	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	4,89	1,06	
Viande Hachée Cheval	02	FAMT		3,24	4,65	3,94	
		ENTEROBACTERIACEA		0,00	7,00	3,50	
		<i>E. coli</i>		0,00	3,57	1,79	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	3,15	1,58	

**Tableau 06 : Résultats de dénombrement de viande de boeuf**

Type de viande	Nombre des échantillons	Type de micro-organismes	Prévalence (%)	Concentrations (log ufc/g)			ANOVA
				Minimum	Maximum	Moyenne	
Viande Hachée Mouton	01	FAMT		8,00	8,00	8,00	
		ENTEROBACTERIACEA		8,00	8,00	8,00	
		<i>E. coli</i>		4,00	4,00	4,00	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	0,00	0,00	
Viande Bœuf d'Algérie	03	FAMT		4,32	7,00	5,44	
		ENTEROBACTERIACEA		0,00	11,00	4,96	
		<i>E. coli</i>		0,00	4,40	2,52	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	4,24	2,65	

## Résultats et discussion

Les échantillons de bœuf local présentent des charges microbiennes globalement plus élevées que le bœuf importé (tableau 07). Cela pourrait s'expliquer par des conditions d'abattage, de transport ou de stockage moins rigoureuses. La présence d'*E. coli* et de coliformes dans les échantillons locaux est particulièrement préoccupante.

**Tableau 07 : Résultats de la viande de bœuf (locale vs importée)**

Type de viande	Nombre des échantillons	Type de micro-organismes	Prévalence (%)	Concentrations (log ufc/g)			ANOVA
				Minimum	Maximum	Moyenne	
Viande Bœuf étranger	01	FAMT		4,70	4,70	4,70	
		ENTEROBACTERIACEA		3,71	3,71	3,71	
		<i>E. coli</i>		0,00	0,00	0,00	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	0,00	0,00	
Viande Mouton d'Algérie	03	FAMT		4,53	8,00	5,72	
		ENTEROBACTERIACEA		3,60	12,00	8,53	
		<i>E. coli</i>		0,00	4,38	2,92	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		3,50	5,13	4,58	
Viande Mouton étranger	01	FAMT		5,19	5,19	5,19	
		ENTEROBACTERIACEA		8,00	8,00	8,00	
		<i>E. coli</i>		0,00	0,00	0,00	
		Staphylococcus		0,00	0,00	0,00	
		Coliforme		0,00	0,00	0,00	

## Résultats et discussion

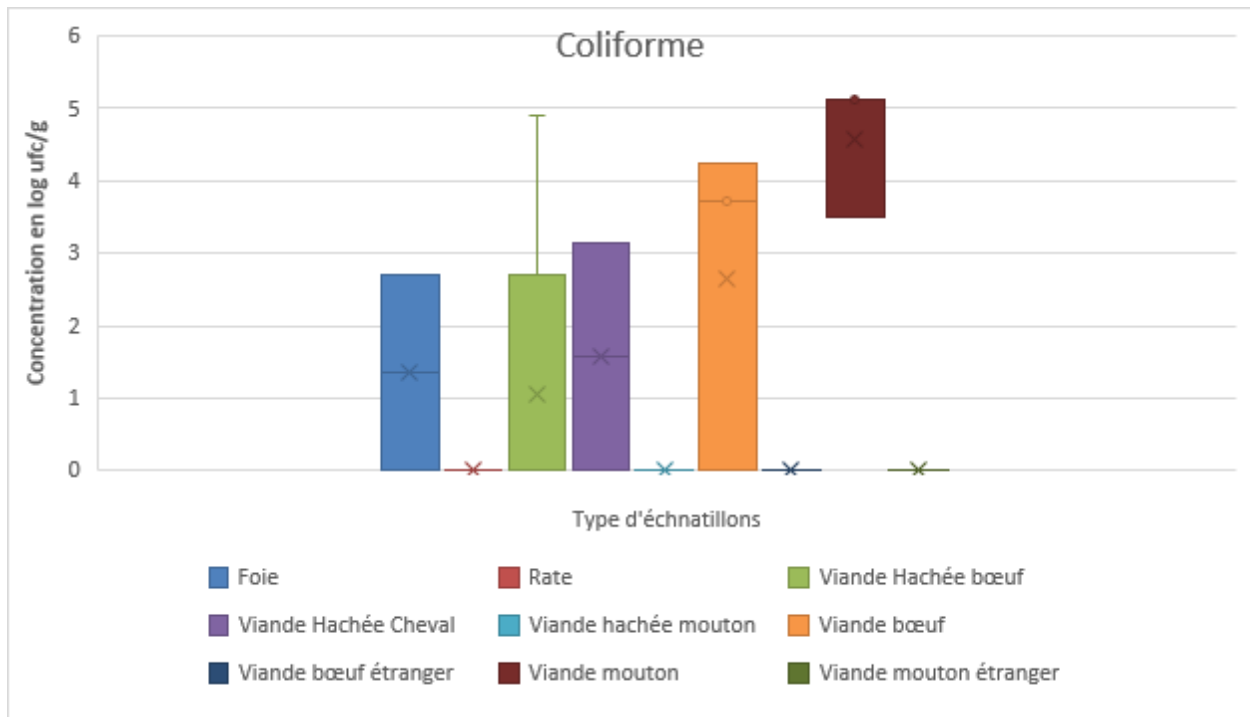


Figure 03 ; Distribution de coliforme dans les échantillons analysés.

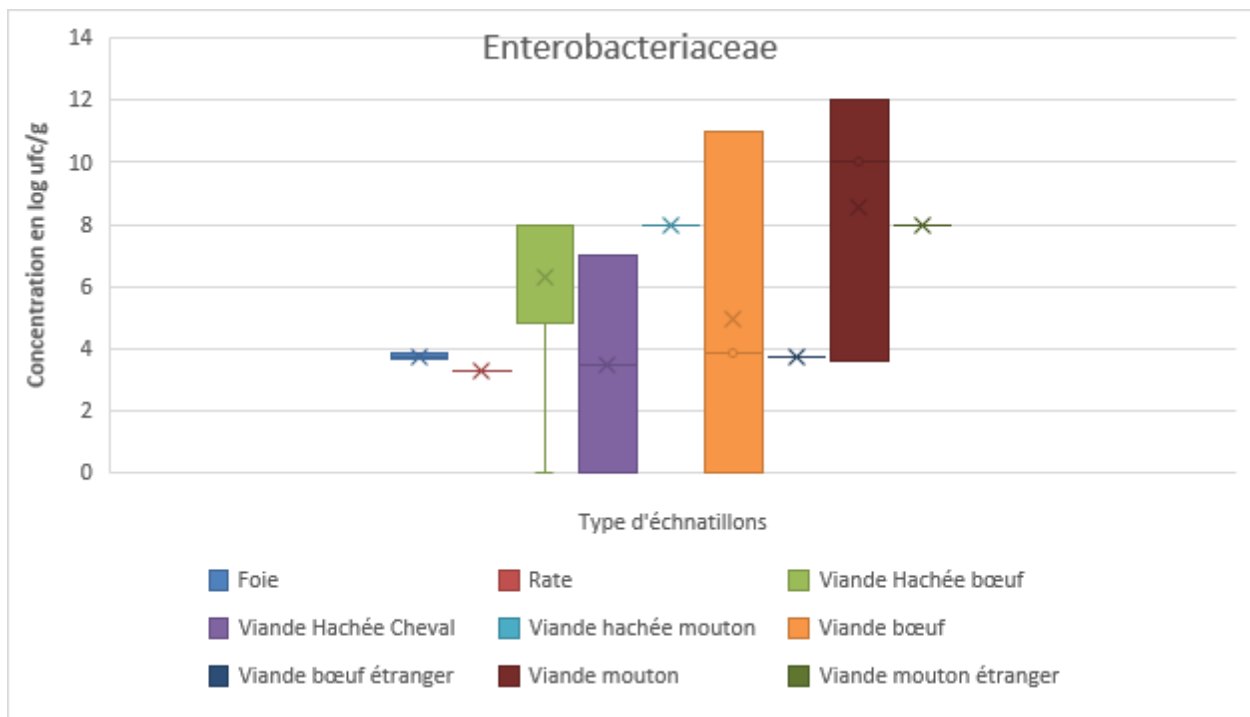


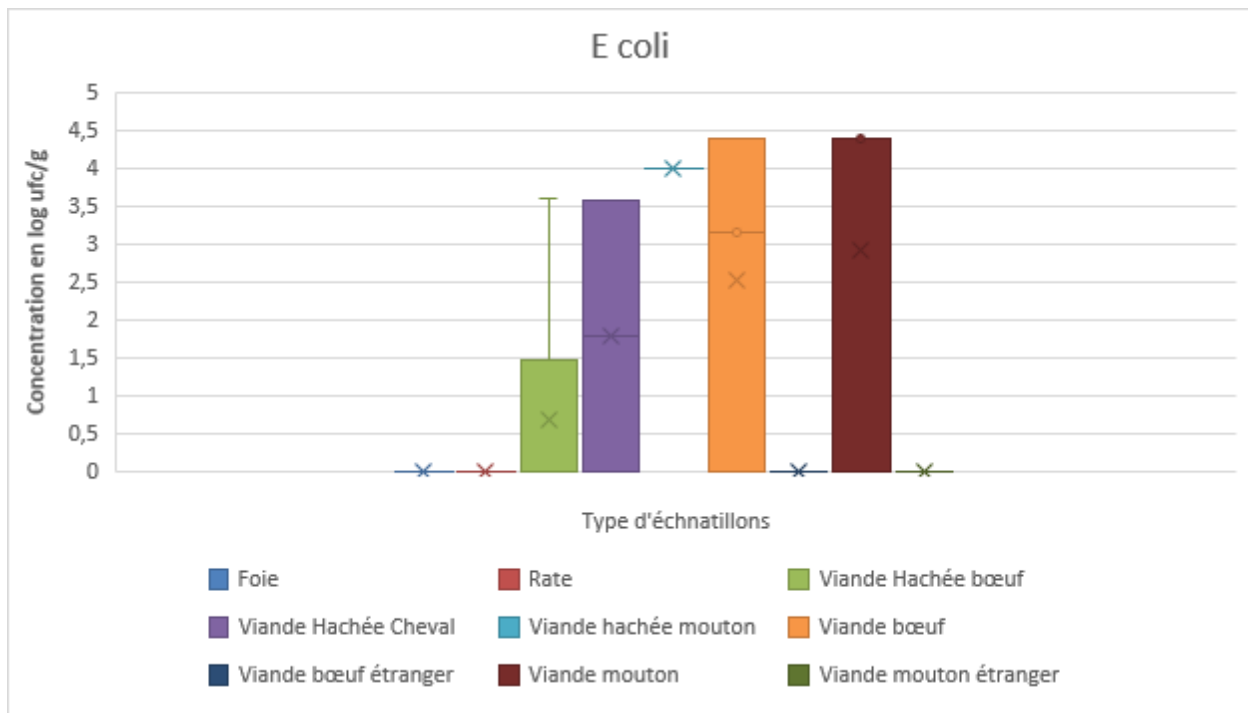
Figure 04 ; Distribution des *ENTEROBACTERIACEA* dans les échantillons analysés.

## Résultats et discussion

Le graphique présente la **concentration moyenne de coliformes** exprimée en **log ufc/g** (unités formant colonie par gramme), selon différents types de viandes et d'abats.

- La **viande de mouton** présente la **concentration la plus élevée**, avec une moyenne supérieure à **5 log ufc/g**, ce qui dépasse nettement les normes d'acceptabilité microbiologique. Cela indique une **contamination sévère** et un risque sanitaire important.
- La **viande de bœuf** affiche également une concentration élevée, avoisinant les **4,5 log ufc/g**, ce qui suggère une **altération microbienne notable**.
- Les **viandes hachées de cheval et de bœuf** montrent des concentrations modérées, autour de **3 log ufc/g**, reflétant une contamination significative mais moins critique que celle observée dans les échantillons précédents.
- Le **foie** présente une contamination comparable, à environ **2,8 log ufc/g**, ce qui reste préoccupant.

En revanche, la **rate** ainsi que les viandes **hachées de mouton, de bœuf étranger, et de mouton étranger** présentent des **concentrations proches de zéro** ou non détectables, indiquant une **absence ou très faible présence de coliformes** dans ces échantillons.

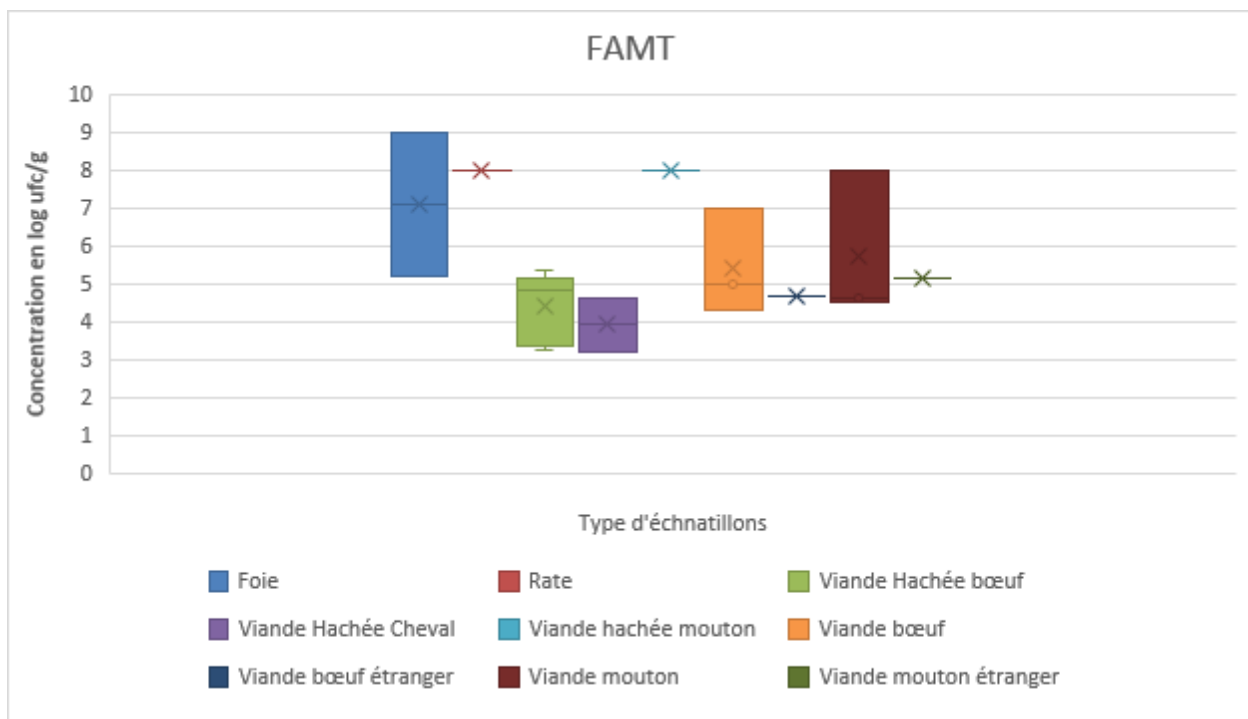


## Résultats et discussion

**Figure 05 :** Distribution de la concentration d'*E. Coli* dans les échantillons analysés.

- **Les concentrations les plus élevées** en *E. coli* sont observées dans la partie **amont** du périmètre irrigué.
- **Une baisse progressive** des concentrations est visible en allant vers l'**aval** du réseau.
- Cette réduction est probablement due à une **dilution progressive** ou à l'**autoépuration naturelle** dans les canaux d'irrigation.

En **2021**, les niveaux d'*E. Coli* semblent globalement **plus élevés** qu'en 2020 dans plusieurs points, ce qui peut indiquer une **détérioration de la qualité microbiologique** de l'eau cette année-là.

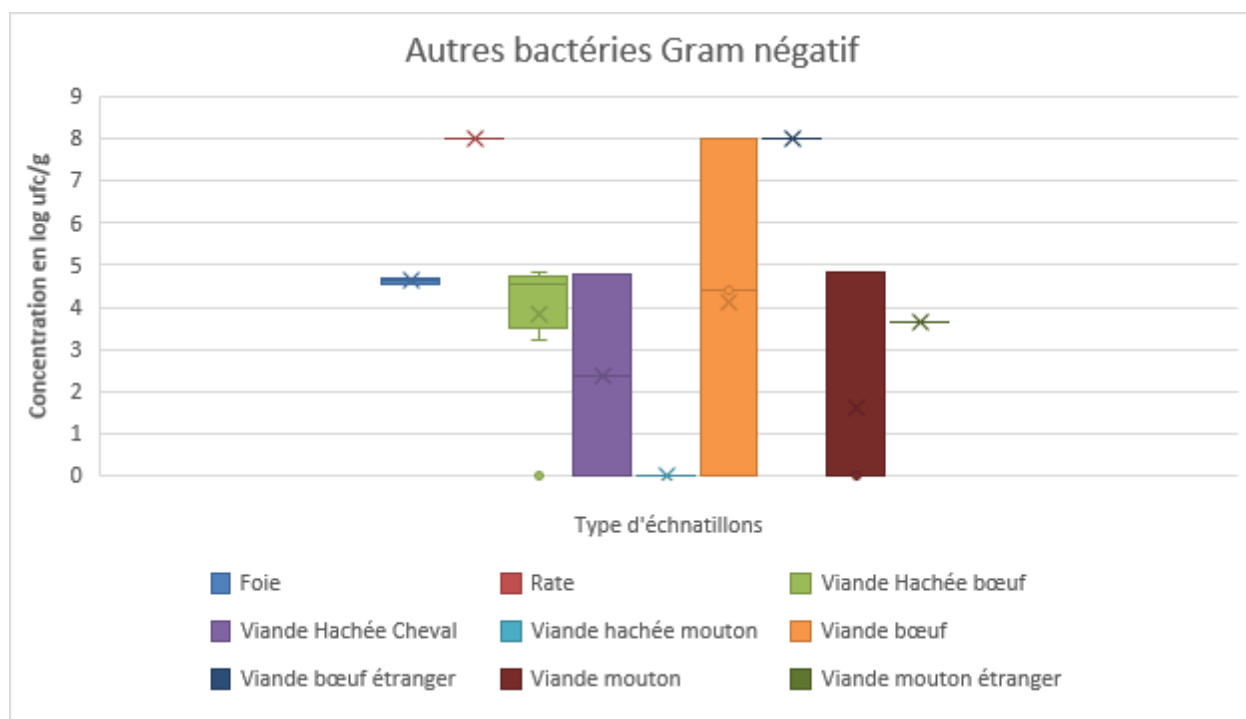


**Figure 06:** Distribution de la concentration de FAMT dans les échantillons analysés.

L'analyse de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) a été effectuée sur les produits finis afin d'évaluer la qualité microbiologique globale. Les résultats montrent que la grande majorité des échantillons présentent des concentrations inférieures à la limite microbiologique m ( $10^5$  UFC/g), ce qui les classe comme satisfaisants selon les normes en vigueur. Seuls un ou deux

## Résultats et discussion

échantillons dépassent la limite m sans atteindre la limite M ( $10^6$  UFC/g), ce qui les place dans une zone intermédiaire, indiquant un début d'altération microbologique. Aucun lot n'a franchi la limite maximale M, ce qui signifie qu'aucune non-conformité ne critique n'a été observé concernant la FMAT. Ces résultats traduisent dans l'ensemble une bonne maîtrise de la charge microbienne aérobie dans les produits finis.



**Figure 07:** Distribution de la concentration des autres bactéries Gram négatif dans les échantillons analysés.

Dans le cadre de cette étude, une série de **tests biochimiques et morphologiques** a été réalisée afin d'identifier les bactéries isolées à partir de différents types de viandes collectées dans les marchés locaux. Au total, **douze isolats bactériens** ont été sélectionnés à partir de milieux sélectifs tels que **EMB, VRBGA, BCP, MacConkey et PCA**, issus d'échantillons de viande hachée, de foie, de mouton et de bœuf.

L'ensemble des isolats analysés a révélé les caractéristiques suivantes :

- Des **bacilles à Gram négatif**, tous **mobiles** ;
- Une activité **oxydasique et catalasique positive**, traduisant leur appartenance probable à la famille des **Entérobactéries** ;

Une fermentation du glucose détectée sur **TSI**, accompagnée parfois de production de gaz ou d' $H_2S$ .

## Résultats et discussion

---

Plusieurs isolats ont montré une capacité à fermenter le lactose, ce qui a été confirmé par un **aspect rose sur milieu MacConkey** (coliformes présomptifs). L'observation de colonies à aspect métallique sur EMB (vert brillant) chez certains isolats (notamment A1 et B1) orientait vers une **présomption d'*E. coli***.

L'identification biochimique via la galerie **API 10S** a permis de valider cette hypothèse pour certains isolats, tandis que d'autres ont révélé une appartenance à des genres différents. Le **profil numérique 7504**, attribué aux isolats A1 et B1, correspond à ***KLEBSIELLA PNEUMONIAESUBSP. PNEUMONIAE***.

Les résultats des tests phénotypiques réalisés sur douze isolats numérotés de 1 à 4, A1 à A4 et B1 à B4. Chaque souche a été évaluée selon son origine (échantillon source), le type de milieu de culture utilisé pour l'isolement, et les caractéristiques morphologiques et biochimiques suivantes : forme, Gram, mobilité, oxydase, catalase, croissance sur milieux sélectifs, fermentation des sucres, activité uréique, décarboxylation, production d'H<sub>2</sub>S et fermentation en TSI (Triple Sugar Iron), entre autres.

Les résultats révèlent une homogénéité morphologique, tous les isolats étant des bacilles Gram négatif, mobiles et catalase/oxydase positifs, ce qui les inscrit globalement dans la famille des ENTEROBACTERIACEAE.

Les tests de fermentation sur milieux sélectifs (MacConkey, SS, Hektoen) montrent une variabilité du métabolisme lactose :

Certaines souches (par ex. isolats 1, 3, A1, B1) forment des colonies roses sur MacConkey, témoignant de leur capacité à fermenter le lactose.

Sur milieu SS, d'autres isolats expriment une production de H<sub>2</sub>S visible sous forme de précipités noirs.

Les tests d'indole, citrate et urée permettent une différenciation biochimique entre les espèces voisines (ex. *E. COLI* vs *KLEBSIELLA*).

Les résultats des galeries API 10S, utilisées comme méthode normalisée pour confirmer l'identité des isolats sur la base d'un profil numérique codé.

Chaque isolat a été soumis à une batterie de tests intégrés, portant notamment sur :

L'activité enzymatique ( $\beta$ -galactosidase, tryptophane, décarboxylases, etc.)

La fermentation des glucides (glucose, mannitol, arabinose, etc.)

La production de gaz et d'H<sub>2</sub>S

## Résultats et discussion

---

La réduction du nitrate

La consommation de citrate ou urée

Les profils biochimiques obtenus ont permis d'identifier :

- Isolats A1 et B1 : profil 7504 *KLEBSIELLA PNEUMONIAE* SUBSP. *PNEUMONIAE*
- Isolat A4 : profil compatible avec *ENTEROBACTER CLOACAE*
- Isolat 3 : profil intermédiaire entre *E. COLI* et *CITROBACTER FREUNDII*

Les autres isolats ont présenté des profils compatibles avec des bactéries d'origine entérique, sans identification précise dans certains cas en raison d'un score de correspondance inférieur aux seuils de confiance forts.

### Discussion

L'objectif de ce travail était d'évaluer la qualité microbiologique des viandes rouges commercialisées dans la région d'étude, en mettant en évidence les charges microbiennes générales, les agents pathogènes potentiels ainsi que les indicateurs d'hygiène. L'analyse des résultats obtenus à partir des différents tableaux et figures a permis de tirer plusieurs constats significatifs concernant l'état sanitaire des échantillons analysés.

L'étude des résultats a révélé une **flore aérobie mésophile totale (FAMT)** élevée dans plusieurs types d'échantillons, notamment dans les abats (foie et rate), la viande hachée de mouton, et la viande de bœuf locale. Dans certains cas, les valeurs observées ont atteint jusqu'à **9,00 log UFC/g**, dépassant les seuils limites fixés par les normes internationales ( $\geq 6$  log UFC/g selon le Codex Alimentarius). Ces résultats traduisent une **contamination globale importante**, pouvant résulter d'un non-respect des bonnes pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne de production, du transport et de la distribution.

La forte charge microbienne enregistrée dans les **viandes hachées**, plus particulièrement celles de mouton et de cheval, s'explique par la nature même du produit. Le hachage augmente considérablement la surface d'exposition de la viande aux agents contaminants, favorisant ainsi la prolifération bactérienne, notamment en cas de température inadéquate ou de matériel souillé.

## Résultats et discussion

---

Les **entérobactéries** ont été mises en évidence dans presque tous les échantillons de viandes hachées, avec des taux dépassant les 8 log UFC/g dans certains cas. De même, les **coliformes totaux** ont été détectés avec des charges allant jusqu'à 4,89 log UFC/g, notamment dans les viandes hachées bovines et chevalines. Ces résultats soulignent une **contamination environnementale significative**, probablement liée à une mauvaise hygiène des outils de découpe, des plans de travail ou encore à une manipulation humaine non conforme.

La présence de coliformes, sans pour autant que leur identification soit pathogène, reste un **indicateur fiable de contamination secondaire**, et renforce l'hypothèse d'une défaillance au niveau des conditions de manipulation post-abattage.

La mise en évidence d'**Escherichia coli** dans plusieurs échantillons, notamment dans la viande hachée de bœuf, de cheval et de mouton, constitue un **signal d'alerte sanitaire majeur**. En effet, *E. coli* est considéré comme un **indicateur spécifique de contamination fécale**, et certaines souches peuvent être à l'origine de toxi-infections alimentaires graves. Des taux allant jusqu'à **4,40 log UFC/g** ont été observés, ce qui est préoccupant d'un point de vue de santé publique, surtout si la viande est consommée insuffisamment cuite.

Les observations microscopiques et les figures de culture sur milieu EMB ont confirmé la présence d'*E. coli* par l'apparition de **colonies métalliques vertes caractéristiques**, consolidant ainsi les résultats issus des dénombrements sur VRBGA et Desoxycholate.

Les tests biochimiques réalisés sur les isolats ont permis de confirmer l'appartenance de plusieurs d'entre eux à la famille des entérobactéries. Les profils API obtenus ont mis en évidence des espèces **opportunistes** comme ***KLEBSIELLA PNEUMONIAESUBSP. PNEUMONIAE***, identifiée dans deux isolats (A1 et B1), ainsi qu'un profil compatible avec ***ENTEROBACTER CLOACAE***. Ces bactéries, bien que naturellement présentes dans l'environnement, sont également **connues pour leur implication dans des infections humaines nosocomiales**, en particulier chez les sujets immunodéprimés.

Leur présence dans les viandes crues est donc un **facteur aggravant** du risque microbiologique, d'autant plus que ces germes peuvent posséder des résistances naturelles ou acquises aux antibiotiques.

Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec plusieurs travaux antérieurs (Jay et al., 2005 ; NataroetKaper, 1998 ; Compaore et al., 2022), qui ont signalé des taux élevés de contamination microbienne dans les viandes rouges issues des marchés traditionnels ou des

## Résultats et discussion

---

circuits informels. En particulier, les **viandes hachées** sont souvent identifiées comme les plus exposées à la contamination fécale et environnementale, notamment dans les pays en développement, où les mesures de contrôle sanitaire sont parfois limitées.

Les résultats de cette étude soulignent la nécessité de renforcer les **mesures de prévention dans la chaîne alimentaire**, à commencer par :

- Une **formation rigoureuse des professionnels du secteur carné** sur les règles d'hygiène,
- L'instauration de contrôles microbiologiques réguliers,
- L'application stricte des normes HACCP,
- La **sensibilisation des consommateurs** sur la cuisson complète des viandes et le respect de la chaîne du froid.

L'intégration de méthodes modernes de décontamination (telles que l'irradiation, les hautes pressions ou les atmosphères modifiées) pourrait également contribuer à améliorer la sécurité sanitaire des produits carnés destinés à la consommation.

## **CONCLUSION**

## Conclusion

---

La présente étude met en évidence que la viande rouge, bien qu'elle constitue une ressource nutritionnelle précieuse et une denrée à forte valeur économique, peut représenter un vecteur de dangers microbiologiques majeurs. En effet, les résultats obtenus à partir des analyses microbiologiques réalisées sur les échantillons prélevés montrent que la contamination microbienne est dépendante du type de viande analysée et du type de microorganisme.

Les résultats ont montré la présence de plusieurs microorganismes dans les échantillons analysés.

Par ailleurs, sur le plan nutritionnel et de santé publique, ce travail rappelle l'importance d'une consommation modérée et raisonnée de viande rouge, conformément aux recommandations internationales (OMS, FAO), et la nécessité de diversifier les sources de protéines dans l'alimentation.

En somme, ce mémoire souligne l'importance d'une approche intégrée alliant qualité, sécurité, traçabilité et éducation sanitaire, pour garantir au consommateur une viande saine et conforme, tout en soutenant une filière viande responsable et durable.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

---

- Williams, P. G. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition et Dietetics*, 64(s4), S113-S119. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>
- McAfee, A.J., McSorley, E.M., Cuskelly, G.J., Moss, B.W., Wallace, J.M., Bonham, M.P., Fearon, A.M.(2010). *Red meat consumption: An overview of the risks and benefits*. *Meat Science*, 84(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>
- Pighin, D. et al. (2016). *A review of beef production systems in Argentina*. *Meat Science*, 116, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.008>
- Kouba, M., et Mourot, J. (2011). *A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids*. *Biochimie*, 93(1), 13-17. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2010.02.027>
- Daley, C. A. et al. (2010). *A review of the fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef*. *Nutrition Journal*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-10>
- Realini, C. E. et al.(2004). *Effect of pasture vs. concentrate feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef*. *Meat Science*, 66(3), 567–577. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00160-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00160-8)
- Wolk, A. (2017). *Potential health hazards of consuming red meat*. *Journal of Internal Medicine*, 281(2), 106–122. <https://doi.org/10.1111/joim.12543>
- Binnie, M. A., et al.(2014). *Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice*. *Meat Science*, 98(3), 445–451.
- Daley, C. A., et al.(2010). *A review of the fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef*. *Nutrition Journal*, 9, 10.
- Givens, D. I., Kliem, K. E., et Gibbs, R. A. (2006). The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat science*, 74(1), 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.008>
- Huff-Lonergan, E., et Lonergan, S. M. (2005). *Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes*. *Meat Science*, 71(1), 194–204.
- Lawrie, R. A., et Ledward, D. A. (2006). *Lawrie's Meat Science* (7th ed.). Woodhead Publishing.

## Références bibliographiques

---

- Listrat, A., et al. (2016). *How muscle structure and composition influence meat and flesh quality*. The Scientific World Journal, 2016, Article ID 3182746.
- Mancini, R. A., et Hunt, M. C. (2005). *Current research in meat color*. Meat Science, 71(1), 100–121.
- McAfee, A. J., et al. (2010). *Red meat consumption: An overview of the risks and benefits*. Meat Science, 84(1), 1–13.
- McNeill, S., et Van Elswyk, M. (2012). *Red meat in global nutrition*. Meat Science, 92(3), 166–173.
- Savell, J. W., et al. (2005). *The Science of Meat Quality*. In: Encyclopedia of Meat Sciences.
- Schmid, A., et al. (2006). *Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review*. Meat Science, 73(1), 29–41.
- Wood, J. D., et al. (2008). *Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review*. Meat Science, 78(4), 343–358.
- WHO/FAO. (2007). *Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition*. WHO Technical Report Series 935.
- Biesalski, H. K. (2005). *Meat as a component of a healthy diet – Are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?*. Meat Science, 70(3), 509–524.
- Binnie, M. A., et al. (2014). *Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice*. Meat Science, 98(3), 445–451.
- Bouvard, V., et al. (2015). *Carcinogenicity of consumption of red and processed meat*. The Lancet Oncology, 16(16), 1599–1600.
- Chan, D. S. M., et al. (2011). *Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis of prospective studies*. PLOS ONE, 6(6), e20456.
- FAO (2021). *Meat Market Review: Overview of global meat production and trade trends*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO/WHO (2007). *Protein and amino acid requirements in human nutrition*. WHO Technical Report Series 935.
- McNeill, S., et Van Elswyk, M. (2012). *Red meat in global nutrition*. Meat Science, 92(3), 166–173.
- OECD/FAO (2023). *Agricultural Outlook 2023–2032*. OECD Publishing.

## Références bibliographiques

---

- Pan, A., et al. (2012). *Red meat consumption and mortality: results from two prospective cohort studies*. *Archives of Internal Medicine*, 172(7), 555–563.
- WCRF/AICR (2018). *Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer: a Global Perspective*. Continuous Update Project Expert Report.
- Christensen, L., Ertbjerg, P., Failla, S., Sanudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., et Puolanne, E. (2011). Relationship between meat toughness and properties of connective tissue from various muscles of young bulls. *Meat Science*, 87(3), 237–243.
- Elmore, J. S., Mottram, D. S., Enser, M., et Wood, J. D. (1999). Effects of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(4), 1619–1625.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., et Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86–94.
- Hocquette, J. F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., et Scollan, N. D. (2010). Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 86(1), 118–126.
- Huff-Lonergan, E., et Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194–204.
- Kim, Y. H. B., Kemp, R., et Samuelsson, L. M. (2016). Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, 111, 168–176.
- Koohmaraie, M., et Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34–43.
- Mancini, R. A., et Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100–121.
- Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: A review. *Food Chemistry*, 62(4), 415–424.
- Priolo, A., Micol, D., et Agabriel, J. (2001). Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour: A review. *Animal Research*, 50(3), 185–200.
- Savell, J. W., Mueller, S. L., et Baird, B. E. (2005). The chilling of carcasses. *Meat Science*, 70(3), 449–459.

## Références bibliographiques

---

- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493–508.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., et Gatto, G. J. (2009). *Biochemistry* (7th ed.). W.H. Freeman and Company.
- Beloeil, P. A., Moiroud, B., et Faye, B. (2009). Efficacité des traitements de décontamination de la viande. *Revue scientifique et technique de l'Organisation mondiale de la santé animale*, 28(1), 223–234.
- Bouvard, V., Loomis, D., et Guyton, K. Z. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599–1600.
- Feskens, E. J., Sluik, D., et van der Schouw, Y. T. (2013). The role of red and processed meat in the aetiology of type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(10), 1072–1079.
- Givens, D. I., et Davies, D. S. (2006). Red meat and health. *Nutritional Research Reviews*, 19(2), 259–270.
- Gurney, T. A., Bar-Or, D., et Dalziel, R. (2000). Iron absorption from meat in humans. *British Journal of Nutrition*, 83(2), 129–134.
- Harris, P. V., et Whittington, A. (2001). Grading and ageing meat. *Meat Science*, 58(3), 255–270.
- Huss, H. H., et Billaud, P. (2001). Safety of meat and meat products. *Food Control*, 12(1-2), 69–78.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., et Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology*. Springer.
- McEvoy, J. M., O'Callaghan, M., et Gibbons, P. (2003). Labeling and traceability of meat products in the EU. *Meat Science*, 65(4), 849–858.
- Troy, D. J., et Kerry, J. P. (2010). Consumer perceptions and preferences for meat and meat products. *Food Quality and Preference*, 21(3), 269–276.
- Van Lunen, T. A., Chapman, D. W., et Humphrey, D. (2002). Sous-vide cooking of meat and poultry. *Journal of Food Science*, 67(6), 1987–1994.
- Volek, J. S., et Sharman, M. J. (2009). Dietary fat and health: A review of the evidence. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(4), 1162–1172.

## Références bibliographiques

---

- Alpas, H., et Bozoglu, F. (2000). High-pressure processing of meat and poultry products: A review. *Food Research International*, 33(3), 211-215.
- Jones, D. A., Jenson, A., et McDonald, C. A. (2007). Microbiological safety and hygiene in the meat industry. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 942–951.
- McDonald, K. L., Richards, M. P., et Gunderson, A. (2017). Prevalence and control of *Escherichia coli* O157:H7 in meat and meat products. *Meat Science*, 132, 19-34.
- Mead, P. S., Slutsker, L., et Dietz, V. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Nataro, J. P., et Kaper, J. B. (1998). Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11(1), 142-201.
- Rangel, J. M., Sparling, P. H., et Crowe, C. (2005). Epidemiology of *Escherichia coli* O157:H7 infections in the United States and other countries. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2(2), 125-137.
- Swaminathan, B., et Gerner-Smidt, P. (2007). *Listeria monocytogenes*. In *Foodborne Infections and Intoxications* (pp. 369-379). Academic Press.
- Tewari, D., Sharma, P., et Kaur, S. (2008). Effect of irradiation on foodborne pathogens in meat and meat products. *Food Control*, 19(9), 893-898.
- Davidson, P. M., Sofos, J. N., et Branen, A. L. (2005). Introduction to foodborne pathogens. In *Antimicrobials in Food*, CRC Press.
- Gill, C. O. (2005). Microbiological contamination of carcasses and meat. *Journal of Applied Microbiology*, 98(4), 1011-1020.
- Hancock, D. D., Besser, T. E., et Rice, D. H. (2001). Sources of contamination of meat by foodborne pathogens. *Foodborne Pathogens*, 3(1), 1-16.
- Hedrick, R. B., Grahame, G. W., et Steele, L. D. (2002). Microbial contamination during meat processing. *Food Control*, 13(2), 1-7.
- Mead, P. S., Slutsker, L., et Dietz, V. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Swaminathan, B., et Gerner-Smidt, P. (2007). *Listeria monocytogenes*. In *Foodborne Infections and Intoxications* (pp. 369-379). Academic Press.

## Références bibliographiques

---

- Chastain, J. P., Leite, L. S., et McLean, M. E. (1995). Effect of pre-slaughter stress on the health and meat quality of cattle. *Journal of Animal Science*, 73(3), 602-609.
- Doyle, M. P., et Erickson, M. C. (2006). Source of pathogenic microorganisms in meat. *In Microbiological Safety of Meat and Poultry* (pp. 97-119). CRC Press.
- Farber, J. M., et Peterkin, P. I. (1991). *Listeria monocytogenes*: a food-borne pathogen. *Microbiological Reviews*, 55(3), 476-511.
- Wegener, H. C. (2003). Risk assessment and risk management of foodborne pathogens. *Food Control*, 14(7), 373-379.
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., et al. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599-1600.
- Doyle, M. P., et Erickson, M. C. (2006). Source of pathogenic microorganisms in meat. *In Microbiological Safety of Meat and Poultry* (pp. 97-119). CRC Press.
- FAO. (2021). Safe handling of fresh meat. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <http://www.fao.org>
- Gill, C. O. (2005). Microbiological issues in meat preservation. *In Meat Processing: Improving Quality* (pp. 212-240). CRC Press.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., et Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology*. Springer.
- Listrat, A., et al. (2016). Meat Packaging and Shelf Life. *Food Control*, 70, 206-212.
- Mead, P. S., et al. (1999). Foodborne illness in the United States: the burden of disease. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Nychas, G. J. E., et al. (2008). Meat spoilage and preservation. *Food Research International*, 41(2), 207-213.
- Swaminathan, B., et Gerner-Smidt, P. (2007). The epidemiology of human listeriosis. *Microbes and Infection*, 9(10), 1236-1243.
- Troy, D. J., et Kerry, J. P. (2010). *Meat processing: Improving quality*. CRC Press.
- Chan, M., et al. (2011). *Escherichia coli* O157:H7 and human health. *Clinical Microbiology Reviews*, 24(4), 693-707.
- FAO. (2021). Code of practice for meat and meat products. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <http://www.fao.org>

## Références bibliographiques

---

- Givens, D. I., et al. (2006). Red meat consumption and human health. *Journal of Animal Science*, 84(12), 3270-3279.
- Luo, N., et al. (2017). *Campylobacter jejuni* infection and neurological complications. *Clinical Infectious Diseases*, 64(5), 739-747.
- Mead, P. S., et al. (1999). Foodborne illness in the United States: The burden of disease. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Norrung, B., et al. (2008). Impact of foodborne pathogens on human health. *Food Control*, 19(10), 913-920.
- Doulgeraki, A. I., et al. (2012). Microbial ecology of meat spoilage: The role of lactic acid bacteria in controlling spoilage organisms. *International Journal of Food Microbiology*, 160(1), 1-10.
- Gill, C. O. (2005). Microbial spoilage of meat and meat products. *International Journal of Food Science et Technology*, 40(3), 247-259.
- Listrat, A., et al. (2016). Microbial spoilage of meat products. *Meat Science*, 120, 49-56.
- Nychas, G. J. E., et al. (2008). Meat spoilage and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 115(2), 135-146.
- Chan, W. F., et al. (2011). *Listeria monocytogenes*: Epidemiology and control in the food industry. *Food Control*, 22(3), 163-173.
- Doyle, M. P., et Erickson, M. C. (2006). Enteric pathogens in meat and poultry products. *Meat Science*, 74(1), 65-72.
- Humphrey, T. J., et al. (2007). *Campylobacter* in meat production and the human food chain. *Food Research International*, 40(3), 220-230.
- Jay, J. M., et al. (2005). *Clostridium perfringens* and other anaerobic bacteria. In *Modern Food Microbiology*, 7th Edition, 365-391.
- Mead, P. S., et al. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Swaminathan, B., et Gerner-Smidt, P. (2007). The epidemiology of human salmonellosis in the United States. *Microbes and Infection*, 9(3), 312-319.
- Gill, C. O. (2005). The microbiology of meat. In: *Meat Science and Applications*, 347-368.

## Références bibliographiques

---

- Jay, J. M., et al. (2005). *Modern Food Microbiology*. 7th Edition, Springer Science et Business Media.
- Doyle, M. P., et Erickson, M. C. (2006). Enteric pathogens in meat and poultry products. *Meat Science*, 74(1), 65-72.
- Mead, P. S., et al. (1999). Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Jay, J. M., 2005. *Modern Food Microbiology*, 7th Edition, Springer Science et Business Media.
- Becker, K., et al., 2014. *Staphylococcus aureus and its role in human foodborne illnesses*, *Advances in Food Safety and Quality*, 55-73.
- Swaminathan, B., et Gerner-Smidt, P., 2007. *Salmonella : a review of the epidemiology and public health risk of salmonellosis*, *Clinical Microbiology Reviews*, 20(4), 453-468.
- Mead, P. S., et al., 1999. *Food-related illness and death in the United States*, *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Mead, P. S., et al., 1999. *Food-related illness and death in the United States*, *Emerging Infectious Diseases*, 5(5), 607-625.
- Kotloff, K. L., et al., 2013. *Shigellosis: An Update*, *Clinical Infectious Diseases*, 57(1), 35-42.
- Gill, C. O., 2005. *The microbiology of meat*, In: *Meat Science and Applications*, 347-368.
- Lal, M., et al., 2015. *Pseudomonas aeruginosa in food spoilage*, *Food Control*, 48, 126-132.
- Chan, M. L., et al., 2011. *Listeria monocytogenes and its role in foodborne illness*, *Food Research International*, 44(5), 1247-1257.
- Ryser, E. T., et Marth, E. H., 2007. *Listeria, Listeriosis, and Food Safety*, CRC Press.
- Humphrey, T., et al., 2007. *Campylobacter in poultry meat production*, *Food Research International*, 40(9), 1218-1223.
- Mardones, F. O., et al., 2009. *Campylobacter jejuni and Campylobacter coli in foodborne illnesses*, *Journal of Food Protection*, 72(6), 1299-1313.
- Biesalski, H. K. (2005). Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70(3), 509–524.

## Références bibliographiques

---

- Binnie, M. A., Barlow, K., Johnson, V., et Harrison, C. (2014). Red meats: Time for a paradigm shift in dietary advice. *Meat Science*, 98(3), 445–451.
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., et al. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599–1600.
- Chan, D. S. M., Lau, R., Aune, D., et al. (2011). Red and processed meat and colorectal cancer incidence: meta-analysis. *Annals of Oncology*, 22(8), 1958–1968.
- Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., et Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9(1), 10.
- Doyle, M. P., et Erickson, M. C. (2006). Reducing the carriage of foodborne pathogens in livestock and poultry. *Poultry Science*, 85(6), 960–973.
- FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gill, C. O. (2005). Microbiological conditions of meats from large game animals and birds. *Meat Science*, 71(2), 174–181.
- Givens, D. I., et al. (2006). Meat in the diet: nutritional value and health benefits. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65(3), 263–270.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., et Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). Springer.
- Mancini, R. A., et Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100–121.
- McAfee, A. J., et al. (2010). Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84(1), 1–13.
- McNeill, S. H., et Van Elswyk, M. E. (2012). Red meat in global nutrition. *Meat Science*, 92(3), 166–173.
- Mottram, D. S. (1998). Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, 62(4), 415–424.
- Nataro, J. P., et Kaper, J. B. (1998). Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11(1), 142–201.
- Swaminathan, B., et Gerner-Smidt, P. (2007). The epidemiology of human listeriosis. *Microbes and Infection*, 9(10), 1236–1243.

## Références bibliographiques

---

- WHO/FAO. (2007). *Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition*. WHO Technical Report Series.
- Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition et Dietetics*, 64(Suppl. 4), S113–S119.
- Wolk, A. (2017). Potential health hazards of eating red meat. *Journal of Internal Medicine*, 281(2), 106–122.

## ملخص

يركز هذا البحث على جودة اللحوم الحمراء (لحم البقر، لحم الغنم، لحم الحصان) من الناحية الميكروبيولوجية، والمُباعة في ولاية عين تموشنت. من خلال تحليل مفصّل للقيم الغذائية، والجوانب الاقتصادية والبكتريولوجية، يبرز البحث المخاطر الصحية المرتبطة بالتلوث البكتيري، خصوصًا بواسطة *السالمونيلا*، *الإشريكية القولونية* و *العنقودية الذهبية*. تم جمع عينات من عدة محلات جزارة وتحليلها للكشف عن وجود بكتيريا ممرضة. أظهرت النتائج أن بعض العينات تجاوزت الحدود الميكروبية المسموح بها، مما يدل على وجود قصور في النظافة، وسوء حفظ وتداول اللحوم. يخلص البحث إلى ضرورة تحسين الممارسات الصحية وتعزيز مراقبة الجودة لضمان سلامة المستهلك الغذائية.

## الكلمات المفتاحية:

اللحوم الحمراء، علم الأحياء الدقيقة، التلوث البكتيري، السلامة الغذائية، النظافة، العنقودية الذهبية، السالمونيلا، الإشريكية القولونية، سلسلة التبريد، التحليل الميكروبيولوجي، عين تموشنت.

## Abstract

This thesis focuses on the microbiological quality of red meats (beef, mutton, horse) sold in the Aïn Témouchent region. Through an in-depth analysis of their nutritional, economic, and bacteriological aspects, it highlights the health risks linked to microbial contamination, particularly by *Salmonella*, *E. coli*, and *Staphylococcus aureus*. Samples collected from various butcher shops were tested to assess the presence of pathogenic bacteria. The findings show that several samples exceeded acceptable microbial limits, revealing shortcomings in hygiene, cold chain management, and meat handling. The thesis emphasizes the need to improve sanitary practices and strengthen quality control throughout the production chain to ensure consumer food safety.

## Résumé

Ce mémoire étudie la qualité microbiologique des viandes rouges (bœuf, mouton, cheval) commercialisées dans la wilaya d'Aïn Témouchent. À travers une analyse approfondie de leurs propriétés nutritionnelles, économiques et bactériologiques, il met en évidence les risques liés à la contamination microbienne, notamment par *Salmonella*, *E. coli* et *Staphylococcus aureus*. Des

prélèvements ont été effectués dans différentes boucheries, puis analysés pour évaluer la présence de bactéries pathogènes. Les résultats révèlent que plusieurs échantillons dépassent les normes microbiologiques recommandées, soulignant des défaillances en matière d'hygiène, de conservation et de manipulation. Le mémoire conclut sur la nécessité d'améliorer les pratiques sanitaires et de renforcer le contrôle de la chaîne de production pour garantir la sécurité alimentaire des consommateurs.

**Mots-clés :** Viande rouge, microbiologie, contamination bactérienne, sécurité alimentaire, hygiène, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, chaîne du froid, analyse microbiologique, Aïn Témouchent.

**Keywords:** Red meat, microbiology, bacterial contamination, food safety, hygiene, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, cold chain, microbiological analysis, Aïn Témouchent.