



N° d'ordre : 025/PFE/2025

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de **Docteur Vétérinaire**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Vétérinaires

THÈME

Etude de la microflore contaminant les carcasses des petits ruminants et des surfaces de l'abattoir d'El-Harrach

Présenté par :
METTAI ISMAIL
MENIAI Louiza
LOUASSA Nesrine

Soutenu publiquement, le 29/Juin/2025 devant le jury composé de :

Pr. BOUAYAD Leila	Professeur (ENSV)	Présidente
Dr. BOUHAMED Radia	Maitre de conférences A (ENSV)	Promotrice
Dr. FERHAT Lila	Maitre de conférences A (ENSV)	Examinatrice

Année universitaire : 2024 /2025

REMERCIEMENTS

Nous remercions avant tout ALLAH, le Tout-Puissant, le Clément et le Miséricordieux, de nous avoir accordé la patience, la force et les moyens nécessaires pour mener à bien ce modeste travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre promotrice, **Dr BOUHAMED Radia**, pour son accompagnement constant, ses conseils avisés et sa rigueur scientifique tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Son engagement et sa disponibilité ont été pour nous une source précieuse d'inspiration.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent à **Pr BOUAYAD Leila**, présidente du jury, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider cette soutenance.

Nous tenons également à remercier chaleureusement **Dr FERHAT Lila**, pour l'intérêt qu'elle a porté à notre travail en tant qu'examinatrice.

Nous adressons aussi notre reconnaissance à **Madame BOUDJELAL Louiza**, du laboratoire H.I.D.A.O.A, pour son aide généreuse, sa bienveillance et sa sympathie qui nous ont accompagnés tout au long de notre présence à ses côtés.

DEDICACES

Louange à Dieu, Le Tout-Puissant, pour Sa miséricorde infinie et pour m'avoir guidée tout au long de ce parcours.

Je dédie ce mémoire à mes parents, sources de mon existence, de mon courage et de mon amour.

À ma chère mère, pilier de ma vie, pour son amour inconditionnel, ses prières et ses sacrifices silencieux.

À mon père, qui traverse une dure épreuve de santé... Je prie de tout cœur pour qu'Allah lui accorde la guérison et le soulage.

À la mémoire de **mon grand-père MENIAI HAMID**, que j'aimais profondément. Tu restes à jamais dans mon cœur, ton absence laisse un vide immense.

À mes **grands-parents** paternels et à ma **grand-mère** maternelle, paix à leurs âmes.

À ma sœur adorée Joujou, que j'aime de tout mon cœur.

À mes tantes, mes oncles, mes cousins et mes cousines, pour leur présence et leur soutien.

À mes précieuses amies de toujours, **Aya, Manar et Mika**, avec qui j'ai partagé tant de souvenirs depuis l'enfance et le lycée.

À mes camarades de promotion, avec une pensée particulière pour **Nesrine, Bouchra et Hadjer**, pour leur soutien, leur solidarité et leurs encouragements.

Je dédie également ce mémoire à mes chers camarades de trinôme, **Nesrine et Ismail**, avec qui j'ai partagé les efforts, les doutes, les réussites et tant de souvenirs précieux tout au long de cette aventure. Merci pour votre soutien, votre patience et votre belle énergie.

Et enfin, à toutes les personnes, de près ou de loin, ayant contribué à la réalisation de ce travail.

Merci à vous.

LOUIZA

DEDICACES

Avant tout, je rends grâce à Allah, source de lumière et de patience, sans qui ce projet n'aurait jamais pu aboutir.

A mon père El Yazid

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eus pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail est le fruit des sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

À ma mère Samira

Affable, honorable, aimable, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement. Tu n'as jamais cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants, en me guidant sur le bon chemin dans ma vie et mes études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.

A mes frères Bilal, Ismail et Radouane

Vous êtes bien plus que des frères pour moi, vous êtes mes amis, mes complices et mes piliers, je vous aime fortement.

A ma grande famille

A tout ce que j'aime et ceux qui m'aiment, je dédie ma réussite.

À mes camarades

Ainsi qu'à tous mes camarades avec qui j'ai partagé une partie de mon parcours, et avec qui j'ai vécu des moments inoubliables de joie et de folie au cours de ces années universitaires. Votre complicité et votre amabilité ont été précieuses. Merci du fond du cœur.

Sans oublier mon trinôme Louiza et Ismail,

Merci pour votre soutien, votre présence et votre confiance tout au long de ce parcours.

Votre amour et votre encouragement ont été une source précieuse de motivation.

Je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude et mon affection.

NESRINE

DEDICACES

À MA MÈRE ET À MON PÈRE

Votre départ, a laissé un vide immense dans mon cœur, un vide que rien ni personne ne pourra combler. Mais votre amour, lui, ne m'a jamais quitté. Il continue de m'envelopper, de me porter, de me guider, comme une lumière douce et fidèle au cœur de mes nuits les plus sombres. Vous n'êtes plus à mes côtés, mais vous êtes en moi. Ce travail, je vous le dédie entièrement.

Pour tout ce que vous avez été, pour tout ce que vous m'avez donné, pour tout ce que vous êtes encore pour moi. Que Dieu vous accorde la paix, la lumière, et le repos que vous méritez.

A ma sœur HAYET

Il est difficile de trouver les mots justes pour exprimer toute ma reconnaissance envers toi. Tu as été bien plus qu'une sœur : un pilier, un refuge, une source inépuisable et de soutien. Dans les moments de doute comme dans les instants de joie, tu es toujours restée près de moi, dans mes bras, dans mon cœur. Merci pour tout ce que tu m'as donné ton temps, ta force, ta patience et ton amour sans condition. Je te dédie ce mémoire avec toute ma tendresse.

A mes deux frère ABESSE et MOHAMED

Je tiens à vous remercier pour votre présence constante tout au long de mon parcours. Votre soutien, vos conseils et votre manière de toujours être là, discrètement mais efficacement, ont compté plus que vous ne pouvez l'imaginer. Vous m'avez aidé à avancer, à garder le cap, même dans les moments les plus difficiles. Merci pour tout ce que vous avez fait, simplement, sans mots, mais avec beaucoup de sens.

A ma tante KHEIRA et mon oncle ABDELLAH

Merci beaucoup pour votre bienveillance et votre présence à mes côtés, votre soutien m'a été précieux tout au long de ce parcours, je suis profondément reconnaissant.

A mes neveux BAHAA et ISHAK et mes nièces IBTIHAL et ANIA

Votre énergie, votre curiosité et votre innocence sont une source de fraîcheur et de motivation.

Merci d'apporter tant de vie autour de moi.

Sans oublier mes trinôme LOUIZA et NESRINE

Merci pour votre collaboration, votre sérieux et votre esprit d'équipe tout au long de ce travail. Votre engagement, votre soutien et les moments partagés ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Travailler avec vous a été un véritable plaisir.

A mes amis SEYYED AHMED, BILAL, RABAH, ABDELMALEK, ET AMIR

Je vous dédie ce mémoire en témoignage de ma gratitude pour votre amitié. Votre soutien, votre écoute et votre présence tout au long de ce parcours ont été pour moi une source précieuse de motivation et de réconfort.

ISMAIL

Résumé

Afin d'examiner la progression de la contamination de surface de la viande ovine et des outils d'abattage (crochets) par divers groupes de micro-organismes, une analyse microbiologique a été effectuée sur 21 échantillons provenant de 07 carcasses prélevées dans deux régions spécifiques (le flanc et le collier), ainsi que sur 07 crochets en contact avec ces carcasses. Cela a été réalisé après l'habillage, mais avant le ressuage des carcasses ovines à l'abattoir d'El-Harrach. A l'issue de cette étude, il en ressort qu'excepté pour *Salmonella* sp., les échantillons testés sont contaminés par l'ensemble des microorganismes recherchés et dénombrés, à savoir la FAMT, les *Staphylococcus* sp., les entérobactéries, les coliformes thermotolérants, *E. coli* et *Pseudomonas* spp. Les données recueillies montrent que le niveau moyen de contamination des surfaces ($4,73E+03$ UFC/cm²) dépasse celui des carcasses ($3,80E+01$ UFC/cm²). En outre, le flanc présente un taux de contamination supérieur à celui du collier ($4,46E+01$ UFC/cm² contre $3,14E+01$ UFC/cm²). Par ailleurs, la flore dominante est la flore aérobique mésophile totale ($1,13E+04$ UFC/cm²) suivie par les *Pseudomonas* spp. ($4,43E+02$), les staphylocoques ($8,55E+01$), les entérobactéries ($6,31E+01$) et les coliformes thermotolérants ($5,98E+00$). De plus, *E. coli* a été identifié dans 80,95% des échantillons examinés, tandis que tous les échantillons n'ont montré aucune présence de *Salmonella* spp (n=0/42 ; 0%). Ces résultats démontrent la présence de pratiques inadéquates, comme une hygiène défailante, au sein de l'abattoir d'El-Harrach.

Mots clés : Abattoir, carcasses, surfaces, microorganismes, Alger.

Abstract

In order to assess the progression of surface contamination of ovine meat and slaughter tools (hooks) by various groups of microorganisms, a microbiological analysis was carried out on 21 samples taken from 7 carcasses sampled from two specific regions (the flank and the neck), as well as on 7 hooks in contact with these carcasses. This was conducted after dressing but before chilling of the ovine carcasses at the El-Harrach slaughterhouse. The results of this study show that, with the exception of *Salmonella* spp., all the tested samples were contaminated by the targeted and enumerated microorganisms, namely Total Mesophilic Aerobic Flora (TMAF), *Staphylococcus* spp., *Enterobacteriaceae*, thermotolerant coliforms, *E. coli*, and *Pseudomonas* spp. The collected data indicate that the average level of surface contamination (4.73×10^3 CFU/cm²) exceeds that of the carcasses (3.80×10^1 CFU/cm²). Furthermore, the flank shows a higher contamination rate than the neck (4.46×10^1 CFU/cm² vs. 3.14×10^1 CFU/cm²). Moreover, the dominant flora is the total Mesophilic Aerobic Flora (1.13×10^4 CFU/cm²), followed by *Pseudomonas* spp. (4.43×10^2 CFU/cm²), staphylococci (8.55×10^1 CFU/cm²), *Enterobacteriaceae* (6.31×10^1 CFU/cm²), and thermotolerant coliforms (5.98×10^0 CFU/cm²). Additionally, *E. coli* was identified in 80.95% of the examined samples, while *Salmonella* spp. was not detected in any of the samples (n=0/42; 0%). These results demonstrate the presence of inadequate practices, such as poor hygiene, within the El-Harrach slaughterhouse.

Keywords: Slaughterhouse, carcasses, surfaces, microorganisms, Algiers.

المخلص

من أجل دراسة تطور تلوث سطح لحم الغنم وأدوات الذبح (الخطاطيف) بمجموعات مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة، تم إجراء تحليل ميكروبيولوجي على 21 عينة مأخوذة من 7 ذبائح من منطقتين محددتين (الخاصرة والعنق)، بالإضافة إلى 7 خطاطيف كانت على تماس مع هذه الذبائح. تم ذلك بعد عملية السليخ، ولكن قبل تبريد الذبائح في مسلخ الحراش. أظهرت نتائج هذه الدراسة أن جميع العينات المفحوصة كانت ملوثة بجميع الكائنات الدقيقة المستهدفة والمعدودة، باستثناء السالمونيلا، وتشمل هذه الكائنات: الفلورا الهوائية المتوسطة الشاملة، المكورات العنقودية، المعويات، القولونيات المحبة للحرارة، الإشريكية القولونية، والزائفة. تشير البيانات المجمعة إلى أن متوسط مستوى تلوث الأسطح (4.73×10^3 وحدة تشكيل مستعمرة/سم²) يفوق ذلك الموجود على الذبائح (3.80×10^1 وحدة تشكيل مستعمرة/سم²). كما أن الخاصرة أظهرت معدل تلوث أعلى من العنق (4.46×10^1 مقابل 3.14×10^1 وحدة تشكيل مستعمرة/سم²). بالإضافة إلى ذلك، كانت الفلورا السائدة هي الفلورا الهوائية المتوسطة الشاملة (1.13×10^4 وحدة تشكيل مستعمرة/سم²)، تليها الزائفة (4.43×10^2)، المكورات العنقودية (8.55×10^1)، المعويات (6.31×10^1)، والقولونيات المحبة للحرارة (5.98×10^0). كما تم الكشف عن الإشريكية القولونية في 80.95% من العينات المفحوصة، بينما لم تُسجل أي حالة وجود السالمونيلا (0/42؛ 0%). تُظهر هذه النتائج وجود ممارسات غير ملائمة، مثل ضعف النظافة، داخل مسلخ الحراش.

الكلمات المفتاحية: مسلخ، ذبائح، أسطح، كائنات دقيقة، الجزائر.

LISTE DES ABREVIATIONS

AGMI : acides gras mono-insaturés

AGPI : acides gras polyinsaturés

AGS : acides gras saturés

AGT : acides gras trans

BPH : Bonnes Pratiques d'Hygiène

CIV : Centre d'information des viandes

CTT : Coliformes thermotolérants

DGAL : Direction générale de l'Alimentation

ETB : Entérobactérie

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

INRA : l'institut national de la recherche agronomique

INTERBEV : Association nationale interprofessionnelle du bétail et des viandes

ISO : organisation internationale de normalisation

Mb : myoglobine réduite

MbO2 : oxymyoglobine

OABA : Œuvre d'assistance aux bêtes d'abattoirs

OMS : Organisation mondiale de la santé

PCA : Plate Count Agar

PP : prévention de la pellagre

Ps: *Pseudomonas*

RPA : Responsable Protection Animale de l'abattoir

SAL : *Salmonella* spp

St: *Staphylococcus*

TSE : Tryptone Sel Eau

TSI : Triple Sugar Iron

UFC : Unité Formant Colonie

VRBG : Violet Red Bile Glucose

XLD : Xylose Lysine désoxycolate

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Différentes formes chimiques de la myoglobine (CARTIER, 2007)	8
Figure 2. Classes de couleurs de la viande rouge (MOËVI, 2006).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3. Diagramme d'Ishikawa (HUGO, 2023).	12
Figure 4. Aspect de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> en microscopie Électronique à balayage (X 10 000) (GENESTET, 2014).....	16
Figure 5. Aspect de <i>Staphylococcus aureus</i> en microscope électronique à balayage (X 15000) (ZULIANI et PASCAL, 2004).....	17
Figure 6. Aspect de <i>E. coli</i> en microscope électronique à balayage (X 20 000) (Canadien en Santé, 2012)	18
Figure 7. Aspect de <i>Salmonella</i> en microscope électronique à balayage (X 20 000) (MOUSSET, 2011)	19
Figure 8. Processus d'abattage (photos personnelles)	21
Figure 9. Abattoir d'El Harrach (photos personnelles)	22
Figure 10. Description des sites prélevés (photos personnelles)	23
3-L'écouvillon est appliqué avec une pression ferme à l'intérieur du gabarit, assurant que toute la surface de la zone soit couverte et que l'écouvillon soit entièrement utilisé. Le frottement se fait verticalement et horizontalement (Figure 11).	25
Figure 11. Méthodes et Sites prélevés (photos personnelles)	26
Figure 12. Moyennes des charges microbiennes de l'ensemble des échantillons analysés	31
Figure 13. Moyennes des charges microbiennes par site de prélèvement	31
Figure 14. Moyennes des charges microbiennes de l'ensemble des échantillons analysés	33
Figure 15. Moyennes des charges microbiennes en fonction du site prélevé	33
Figure 16. Taux de contamination des carcasses et des surfaces par <i>E. coli</i>	37
Figure 17. Taux de contamination des surfaces, des coliers et des flancs par <i>E. coli</i>	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Matériel non biologique utilisé	24
Tableau 2. Données sur les carcasses prélevées	25
Tableau 3. Critères microbiologiques indicateurs d'hygiène.....	28
Tableau 4. Moyennes des charges microbiennes de l'ensemble des échantillons analysés	30

Table des matières

Introduction	Erreur ! Signet non défini.
--------------	-----------------------------

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction	1
Chapitre 1 : Abattoir	2
I Définition	2
II Conception de l'abattoir	2
III Abattage	3
III.1 Définition	3
III.2 Abattage halal	3
III.3 Objectif de l'abattage	3
III.4 Transport, stabulation, déchargement et inspection ante mortem	3
III.4.1 Transport	3
III.4.2 Stabulation	3
III.4.3 Déchargement	4
III.4.4 Inspection <i>ante-mortem</i>	4
IV Etapes d'abattage des animaux à l'abattoir	4
IV.1 La saignée	4
IV.2 Habillage	4
IV.3 Dépouillement	5
IV.4 Éviscération	5
IV.5 Lavage	5
IV.6 Emoussage/parage	5
IV.7 Inspection post-mortem	6
IV.8 Réfrigération des carcasses	6
IV.9 Congélation	6
Chapitre 2 : Caractéristiques de la viande	7
I Définition	7
II Composition de la viande	7
II.1. Protéines	7
II.2. Lipides	7
II.3. Minéraux	7
II.4. Vitamines	8
III Qualité organoleptique de la viande	8

III.1. Couleur	8
III.1.1. Composante qualitative	8
III.1.2. Composante structurelle	9
III.1.3. Composante quantitative	9
III.1.4. Composante bactériologique	9
III.2. Tendreté.....	9
III.2.1 Collagène	10
III.2.2. Myofibrilles	10
III.3. Flaveur de la viande	10
III.4. Jutosité de la viande	10
III.4.1. Jutosité initiale (première jutosité)	10
III.4.2. Jutosité finale ou (seconde jutosité).....	11
Chapitre 3 : Flores de contamination des viandes.....	11
I. Contamination de la viande	11
II. Origines et sources de la contamination superficielle des carcasses	11
II.1. Origines.....	11
II.2. Sources de contamination	11
II.2.1. Main d'œuvre	12
II.2.2. Infrastructure et équipements.....	12
II.2.3. Méthode	12
II.2.4. Matière première	13
II.2.5. Milieu	13
III. Mode de contamination.....	13
III.1 Contamination ante mortem	13
III.2. Contamination agonique et <i>post-mortem</i>	13
III.3. Contamination profonde	14
III.4. Contamination superficielle.....	14
IV. Caractéristiques des principaux microorganismes contaminant la viande.....	14
IV.1. Germes saprophytes et tests d'hygiène.....	14
IV.1.1. Flore aérobie mésophile	14
IV.1.2. <i>Pseudomonas</i>	15
IV.1.3. Entérobactéries	16
IV.2. Principaux germes pathogènes de la viande.....	17
IV.2.1. <i>Staphylococcus</i>	17
IV.2.2. <i>Escherichia coli</i>	17
IV.2.3. <i>Salmonella</i>	18

PARTIE EXPERIMENTALE

OBJECTIFS	20
Chapitre I : MATERIEL ET METHODES.....	21
Chapitre II : Résultats et discussion.....	29
I. Moyennes de contamination de l'ensemble des échantillons analysés	29
II. Charge microbienne des sites étudiés	31
IV. Charge microbienne des coliformes thermotolérants.....	36
V Recherche d' <i>E. coli</i>	36
VI Charge microbienne de <i>Staphylococcus</i> sp.....	38
VII Charge microbienne de <i>Pseudomonas</i> spp.....	38
Conclusion et recommandations	39
Liste des références bibliographiques	41

Introduction

Introduction

La viande est une source riche en protéines de haute qualité (20-30 %), en lipides, ainsi qu'en vitamines du groupe B (B12, B6) et en minéraux essentiels comme le fer héminique et le zinc, qui sont bien absorbés par l'organisme (**AMEUR, 2017**). Ces caractéristiques nutritionnelles font de la viande ovine un aliment important pour la santé, contribuant notamment à la croissance musculaire, à la formation des globules rouges et au renforcement du système immunitaire.

Toutefois, la viande ovine est souvent contaminée par divers agents pathogènes, notamment des bactéries appartenant aux *Enterobacteriaceae* comme *Escherichia coli*, ainsi que des *Staphylococcus* spp. et des *Pseudomonas*, qui sont fréquemment isolés sur les viandes réfrigérées et pouvant provoquer des altérations ou des infections (**GHAFIR ET DAUBE, 2007 ; BOUDOUIKA ET GHIAT, 2017**). Ces contaminations résultent souvent de défauts d'hygiène lors de l'abattage, de la manipulation et du stockage, rendant la viande un terrain favorable à la prolifération microbienne et à la transmission de zoonoses (**DJENIDI, 2017**).

L'évaluation de la qualité microbiologique, tant des carcasses que des surfaces dans les abattoirs, contribuera à l'élaboration de stratégies efficaces de contrôle et de prévention.

Afin d'atteindre cet objectif, le présent travail est divisé en deux parties distinctes :

- Une partie bibliographique qui comprend un premier chapitre sur l'abattoir, un second chapitre concernant les caractéristiques de la viande, et un troisième chapitre sur les flores de contamination des viandes.
- Une partie expérimentale qui porte sur l'analyse microbiologique d'échantillons issus des carcasses ovines et des surfaces qui se trouvent en contact avec les carcasses dans un abattoir de viande rouge situé à Alger.

Partie bibliographique

Chapitre 1 : Abattoir

I Définition

L'abattoir est un établissement public ou privé utilisé pour l'abattage des animaux en vue de la production de viande destinée à la consommation humaine. Comme tous les établissements impliqués dans les différentes filières animales, cet endroit doit se conformer aux réglementations sanitaires et de protection animale nationales, ainsi qu'aux guides de bonnes pratiques et règlement intérieur (**GROENSTEEN, 2013**).

L'abattoir est le siège d'activités diverses dont le but principal est d'obtenir, à partir des animaux vivants sains, une carcasse dans les conditions d'efficacité technique, sanitaires et économiques les meilleures possibles (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

II Conception de l'abattoir

Selon la **FAO** et l'**OMS (1994)**, la conception d'un abattoir doit respecter plusieurs principes fondamentaux :

- Il est essentiel de prévoir une zone de stabulation permettant de contenir les animaux avant l'abattage, en veillant à leur bien-être et à la réduction du stress. Cette zone doit être suffisamment spacieuse, bien ventilée et équipée pour assurer des conditions optimales.
- Une séparation physique stricte doit être instaurée entre les zones où sont manipulés des produits "sales" et celles dédiées aux produits propres afin de prévenir toute contamination croisée.
- Les salles de travail, les infrastructures et les équipements doivent être conçus de manière à permettre un nettoyage efficace et à garantir le respect des normes d'hygiène.
- Des aménagements spécifiques doivent être prévus pour assurer la préparation et la conservation de la viande dans des conditions optimales, en maintenant la chaîne du froid et en particulier tout risque de contamination.
- Un programme rigoureux de maintenance doit être appliqué afin de garantir que les installations et les équipements restent conformes aux réglementations sanitaires et aux normes en vigueur.

III Abattage

III.1 Définition

L'abattage représente la mise à mort d'un animal. Il constitue l'ensemble des opérations successives hautement spécialisé qui consiste à transformer l'animal vivant en carcasse et cinquième quartier (**chapelier ,2002**).

III.2 Abattage halal

L'abattage rituel doit être effectué en orientant à la fois le sacrificateur et l'animal en direction de la Mecque. Il est également impératif de prononcer la formule "Bismi-Allah, Allahou Akbar" (**BOUBAKER, 2010**).

Les animaux sont immobilisés et après l'immobilisation, l'abattage est pratiqué en sectionnant les deux carotides et les jugulaires à l'aide d'un couteau tranchant (**FAO/OMS, 2004**).

III.3 Objectif de l'abattage

La connaissance des points critiques tout au long de la chaîne d'abattage peut contribuer à l'amélioration de la qualité microbiologique des carcasses. En effet, la problématique de la contamination croisée est particulièrement préoccupante dans les salles d'abattage. Par ailleurs, certaines techniques utilisées peuvent avoir un impact sur l'état physique de la peau et par conséquent, influencer le développement des associations bactériennes (**CISSE, 1996**).

III.4 Transport, stabulation, déchargement et inspection ante mortem

III.4.1 Transport

Le transport des animaux vivants est défini comme l'ensemble des déplacements d'animaux effectués à l'aide d'un ou plusieurs moyens de transport, incluant les opérations associées telles que le chargement, le déchargement, le transfert et les périodes de repos, jusqu'à l'achèvement du déchargement sur le site de destination (**Règlement (CE) n°1/2005, 2019**).

III.4.2 Stabulation

La stabulation correspond à la mise au repos des animaux, accompagnée d'une diète hydrique, afin de réduire les effets du transport et du stress avant l'abattage (**SALIFOU *et al.*, 2012**).

Cette période de 24 heures permet d'atténuer la bactériémie post prandiale (**WADE, 1992 ; DIEYE, 2011**).

La stabulation assure le logement provisoire des animaux avant l'abattage et sa conception devrait prendre en compte les trois exigences suivantes (**FAO/OMS, 2006**) :

-
- Le bien-être des animaux,
 - Le maintien de la propreté des animaux,
 - L'isolement des animaux malades ou suspects.

III.4.3 Déchargement

A l'abattoir, les animaux sont déchargés de la bétailière dans le calme, avec des rampes et des quais adaptés.

Tout en garantissant leur propre sécurité, les opérateurs d'abattoir doivent éviter aux animaux tous stress, blessures ou douleurs. Dès cette étape, le Responsable Protection Animale de l'abattoir (RPA) garantit le bien-traitant des animaux.

III.4.4 Inspection *ante-mortem*

L'inspection ante-mortem est définie par le règlement (UE) 2017/625 comme la vérification, avant les opérations d'abattage, du respect des exigences en matière de santé humaine et animale et de bien-être des animaux, y compris, le cas échéant, l'examen clinique de chaque animal, et la vérification des informations sur la chaîne alimentaire (**Règlement (CE) n°1/2005, 2019**).

Le principal objectif de toute inspection tout au long de la chaîne de transformation de la viande est la protection du consommateur vis-à-vis des zoonoses et des maladies liées à la viande. L'inspection ante-mortem permet aussi d'améliorer la protection du personnel des abattoirs vis-à-vis des maladies, ces derniers étant les premiers de la chaîne à avoir un contact direct avec les animaux et leurs produits (**FAO/OMS, 2004**).

IV Etapes d'abattage des animaux à l'abattoir

IV.1 La saignée

La saignée consiste à sectionner les principaux vaisseaux sanguins et tissus de la région cervicale. Le geste de la saignée doit être franc, large et efficace. Il doit être pratiqué le plus rapidement possible après l'immobilisation mécanique de l'animal. La contention du corps et le maintien de la tête doivent être maintenus jusqu'à la perte de conscience. L'incision permet une section bilatérale obligatoire des deux artères carotides via une incision au niveau de la gorge en se dirigeant vers le larynx. L'incision est réalisée le plus près possible de la mandibule directement derrière l'angle et la branche montante de la mandibule (**ENSERV/DGAL/OABA, 2014**).

IV.2 Habillage

Les principales étapes de l'habillage sont décrites dans les points suivants (**FAO, 2004**) :

- 1) Retrait de la tête lorsque l'animal est suspendu,
- 2) Retrait des postérieurs,
- 3) Descente de la carcasse en position horizontale,
- 4) Retrait des antérieurs,
- 5) Écorchage sur le chevalet,
- 6) Écorchage en position semi-verticale,
- 7) Écorchage en position verticale.

IV.3 Dépouillement

Le dépouillement consiste à séparer la peau du corps de l'animal. Il a pour but l'enlèvement du cuir des animaux dans les meilleures conditions possibles pour une bonne présentation et conservation des carcasses (**BREF, 2005**).

IV.4 Éviscération

L'éviscération a pour but de séparer les viscères thoraciques et abdominaux de la carcasse, mis à part les reins. L'éviscération des petits ruminants est simple. En effet, une petite entaille est pratiquée dans la paroi abdominale juste au-dessus de la poitrine, et les doigts de l'autre main sont insérés pour soulever et séparer la paroi des viscères alors que l'entaille est prolongée jusqu'à environ 5 cm de gras de scrotum ou de la mamelle (**FAO, 2004**).

L'épiploon est retiré. Le rectum est détaché et les viscères sont libérés et retirés. L'œsophage est retiré par le diaphragme et le sternum est fendu en son milieu en prenant soin de ne pas ponctionner les organes thoraciques qui sont ensuite retirés (**FAO, 2004**).

IV.5 Lavage

Le principal objectif du lavage de la carcasse est d'en retirer les saletés et les traces de sang, et d'en améliorer l'aspect après son refroidissement. Les carcasses souillées devraient être pulvérisées immédiatement après l'habillage avant que les saletés ne sèchent, ce qui réduit le temps de développement bactérien (**FAO, 2004**).

IV.6 Emoussage/parage

Le parage devrait consister à retirer les morceaux lésés et souillés et à donner aux carcasses une présentation standard. Les parties touchées ne devraient pas être parées avant d'avoir été inspectées (**FAO, 2004**).

L'émoussage, quant à lui, consiste à retirer la graisse de l'animal, jugée "en excès" pour améliorer la présentation commerciale de la carcasse (CIV, 2004 ; CARTIER et MOEVI, 2007).

IV.7 Inspection post-mortem

L'inspection post-mortem devrait être réalisée dès que l'habillage de la carcasse est achevé. Certaines lésions peuvent disparaître avec le temps. Inversement, il devrait être possible de mettre de côté les carcasses suspectes pour une autre inspection différée car certaines lésions se développeront avec le temps (FAO/OMS, 2004).

L'inspection post-mortem fera appel aux capacités sensorielles, telles que la vue, l'odorat et le toucher. L'incision des organes et des ganglions lymphatiques permettra une inspection plus détaillée de ces parties. Tout d'abord, il faudrait procéder à une inspection visuelle globale de la carcasse, des abats et, s'il y a lieu, du sang afin de détecter les contusions, les œdèmes, les arthrites, l'état du péritoine et de la plèvre et tout gonflement ou anomalie. Les autres procédures dépendent de l'espèce et/ou de l'âge (FAO/OMS, 2004).

IV.8 Réfrigération des carcasses

Placées dans un local frigorifique, les carcasses reposent alors au minimum 24 heures pour refroidir à cœur et mûrir selon une durée variable.

Le but de la réfrigération est de retarder la croissance bactérienne et d'allonger la durée de conservation en stock (FAO/OMS, 2004).

IV.9 Congélation

Le but de la congélation est d'allonger la période de conservation de quelque semaine à plusieurs mois (FAO, 2004).

Chapitre 2 : Caractéristiques de la viande

I. Définition

Les viandes sont les tissus musculaires, y compris les tissus adipeux adhérents tels que les graisses intramusculaires, intermusculaires et sous-cutanées provenant de carcasses d'animaux entières ou découpées destinées pour la distribution en gros ou au détail à l'état « frais ». Les morceaux de viande proposés pour le consommateur peuvent inclure les os, les tissus conjonctifs et les tendons ainsi que les nerfs et les ganglions lymphatiques (**CX/PR 19/51/12, 2019**).

La viande est considérée comme un aliment de choix en raison de sa valeur nutritive. Sa richesse en protéines et la nature de celles-ci en font un aliment indispensable pour une ration alimentaire équilibrée (**OUMOKHTAR *et al.*, 1998**).

II. Composition de la viande

La viande apporte des protéines, des lipides, des vitamines du groupe B et des minéraux tels que le fer, le zinc et le sélénium (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

II.1. Protéines

Les produits animaux, plus particulièrement les viandes, sont considérés comme une source importante de protéines. La viande rouge crue contient en moyenne 20-24 g de protéines par portion de 100 g ; une fois cuite, sa teneur est de 27-35 g (**SALIFOU *et al.*, 2013**).

II.2. Lipides

La teneur en lipides dépend surtout du morceau : certains sont très maigres avec moins de 3 % de lipides (ex : tendre de tranche, noix de veau, *etc.*) et la grande majorité apporte entre 3% et 8% de matières grasses.

Les graisses ont une composition variée (**INRA-CIV, 2009**) :

- Autant d'acides gras mono-insaturés (AGMI) que d'acides gras saturés (AGS), et un peu d'acides gras polyinsaturés (AGPI) ;
- Des teneurs très modérées en acides gras trans (AGT) (0,2 g/100 g en moyenne pour le bœuf, par exemple) ; ces acides gras trans sont essentiellement d'origine naturelle (**INRA-CIV, 2009**).

II.3. Minéraux

La viande est une excellente source de minéraux notamment en fer et en zinc. Elle est pauvre en manganèse, chrome et sélénium (**SALIFOU *et al.*, 2013**).

II.4. Vitamines

La viande est plus particulièrement riche en vitamines du groupe B, notamment en vitamines B3 (appelée aussi vitamine PP), B6 et B12. La viande est une source privilégiée de vitamine B12. Une portion de 100 g de viande crue couvre approximativement 20 % des besoins en vitamine B3 et B6, et la totalité des besoins en vitamine B12 (CARTIER, 2007).

III. Qualité organoleptique de la viande

Les qualités organoleptiques des viandes regroupent les propriétés sensorielles à l'origine des sensations de plaisir associées à leur consommation. La qualité sensorielle de la viande est déterminée par sa couleur, sa flaveur, sa jutosité et sa tendreté (SALIFOU *et al.*, 2013).

III.1. Couleur

Les quatre composantes de la couleur :

III.1.1. Composante qualitative

La myoglobine peut prendre 3 formes chimiques différentes, correspondant à des états d'oxydoréduction (de l'atome de fer) et d'oxygénation (fixation ou non d'oxygène par la molécule) différents. Ces états sont fonction de la fraîcheur du produit et de la pression partielle locale en oxygène (CARTIER, 2007). La myoglobine réduite (Mb, Fe⁺⁺) correspond au pigment en profondeur du muscle ou à la surface de la viande lorsque celle-ci est conservée en l'absence d'oxygène. Exposé à l'air, le pigment se combine à l'oxygène pour former l'oxymyoglobine (MbO₂, Fe⁺⁺) de couleur rouge vif, synonyme de fraîcheur et d'attractivité pour le consommateur. Avec le temps, le contact de la MbO₂ avec l'oxygène de l'air va conduire à la formation de myoglobine oxydée (Fe⁺⁺⁺) ou metmyoglobine (M et Mb), de couleur brune indésirable et non attractive (figure 01) (SALIFOU *et al.*, 2013).

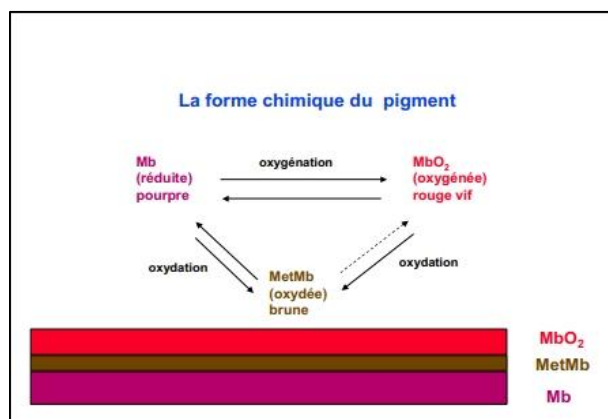


Figure 1. Différentes formes chimiques de la myoglobine (CARTIER, 2007)

III.1.2. Composante structurelle

La couleur est liée à la structure physique du muscle et en particulier à son degré d'acidification (pH) qui modifie la luminosité du produit (**figure 02**) (**SALIFOU *et al.*, 2013**).

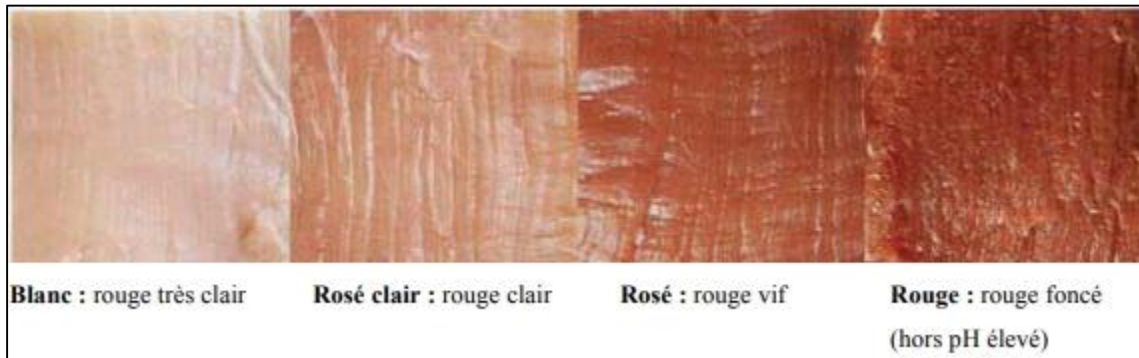


Figure 2. Classes de couleurs de la viande rouge (MOËVI, 2006)

Lorsque le pH du muscle est proche de la neutralité, sa structure est telle qu'il absorbe fortement la lumière, ce qui lui confère une couleur rouge sombre. Lorsque le pH diminue, le muscle réfléchit plus la lumière, ce qui lui confère une couleur plus claire. C'est pour cette raison que dans les heures qui suivent l'abattage, le muscle, en s'acidifiant, passe du rouge sombre au rouge clair (**CIV, 2004**).

III.1.3. Composante quantitative

Le principal pigment responsable de la coloration de la viande est la myoglobine, pigment musculaire assurant le transport et le stockage de l'oxygène apporté par l'hémoglobine du sang. L'intensité de la coloration du muscle est directement liée à sa teneur en myoglobine, l'hémoglobine sanguine résiduelle intervient très peu (**IDELE et INTERBEV, 2023**).

III.1.4. Composante bactériologique

La composante bactériologique est liée au développement de bactéries en surface de la viande et à de possibles interactions avec le pigment (**SALIFOU *et al.*, 2013**).

III.2. Tendreté

La tendreté est le critère de qualité le plus important pour le consommateur lorsqu'il consomme une viande. Elle mesure la facilité avec laquelle la structure de la viande peut être désorganisée au cours de la mastication (**SALIFOU *et al.*, 2013**).

La tendreté de la viande dépend de deux éléments constitutifs du muscle, à savoir le collagène et les myofibrilles.

III.2.1 Collagène

Le collagène est un constituant essentiel du tissu conjonctif. Cette protéine très résistante confère au muscle sa dureté de base. Le morceau est d'autant plus dur que la quantité de collagène est importante et que ce collagène est insoluble (CIV, 2004).

III.2.2. Myofibrilles

Les myofibrilles subissent, au cours de la maturation de la viande, une désagrégation naturelle sous l'effet des enzymes libérées et activées par l'acidification du muscle, ce qui provoque un attendrissement du muscle (CIV, 2004).

III.3. Flaveur de la viande

La perception de la flaveur met en jeu le goût et l'odorat. La flaveur est un ensemble complexe de sensations, formé des saveurs perçues par les papilles de la langue et des arômes perçus par voie rétro-nasale lorsque le morceau de viande est en bouche (CIV, 2004).

La flaveur de la viande est essentiellement liée au gras présent au sein du morceau consommé, notamment sa quantité, mais aussi dans une moindre mesure sa fraîcheur, voire sa qualité. Les graisses sont effectivement le support des flaveurs spécifiques des viandes des différentes espèces animales. En fait, le gras comprend des composés, qui évoluent lors de la conservation en précurseurs de flaveur, et se transforment à la cuisson pour donner à la viande sa flaveur caractéristique (CARTIER, 2007).

III.4. Jutosité de la viande

La jutosité de la viande, perçue au moment de la mastication, est essentiellement liée à la quantité d'eau et de gras du morceau. Une teneur satisfaisante de gras intramusculaire (persillé) ainsi que la maîtrise des conditions de cuisson sont indispensables pour obtenir un niveau de jutosité satisfaisant pour le consommateur (IDELE et INTERBEV, 2023).

Nous distinguons 2 types de jutosité, à savoir la jutosité initiale et la jutosité finale.

III.4.1. Jutosité initiale (première jutosité)

La jutosité initiale est la quantité de suc musculaire qui s'écoule dans la bouche aux premières mastICATIONS. Elle dépend de la teneur en eau de la viande et plus particulièrement de l'eau dite "liée" aux protéines musculaires qui demeure dans le produit aussi bien après hachage qu'après cuisson (CIV, 2004).

III.4.2. Jutosité finale ou (seconde jutosité)

La jutosité finale est engendrée par la salivation. C'est le gras intramusculaire qui est essentiellement impliqué dans la seconde jutosité, par son action stimulante de la sécrétion salivaire (CIV, 2004).

Chapitre 3 : Flores de contamination des viandes

I. Contamination de la viande

La succession des opérations d'abattage offre une multitude de possibilités de contacts directs (retournement du cuir) et indirects (le matériel, les hommes, *etc.*) entre les masses musculaires et les éléments contaminés. Chacun de ces contacts entraîne le dépôt de nombreux germes en surface des carcasses (DENNAÏ *et al.*, 2001 ; EL HADEF *et al.*, 2005).

Lors de l'éviscération, le contenu du tube digestif peut souiller la carcasse par l'un de ses deux orifices (rectum et œsophage) ou par blessure accidentelle par le couteau du sacrificateur (FOSSE *et al.*, 2006). La microflore des viandes est composée essentiellement de germes saprophytes. La contamination par les germes pathogènes n'apparaît que rarement (CARTIER, 2007).

II. Origines et sources de la contamination superficielle des carcasses

II.1. Origines

La contamination superficielle a une origine exclusivement exogène. Les germes sont apportés au cours de l'abattage (contamination agonique) ou bien au cours de la préparation des carcasses (contamination post mortem). Son origine exogène montre l'importance des règles d'hygiène (ROSSET ET LEBRET, 1982).

II.2. Sources de contamination

Les sources de contamination microbienne de la viande sont variées et présentent une importance variable. Pour identifier les diverses sources de contamination pouvant conduire à la présence d'une population bactérienne sur la surface des carcasses, il est nécessaire d'utiliser la technique des 5M, également connue sous le nom du diagramme d'Ishikawa qui prend en considération l'environnement (infrastructures), l'effectif (le personnel), les ingrédients de base (viandes, eau, *etc.*), le matériel, l'équipement ainsi que la méthode de travail (Figure 03).

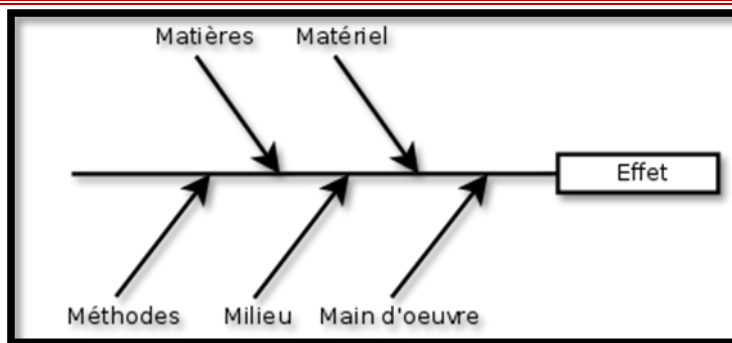


Figure 3. Diagramme d'Ishikawa (FABRIQ.TECH, 2023).

II.2.1. Main d'œuvre

L'abattage est une procédure où l'implication humaine joue un rôle crucial. Le personnel pourrait introduire des micro-organismes sur les carcasses par le biais de leur propre contamination (contamination passive), à travers des mains non lavées ou des vêtements négligés, et contaminer ceux-ci activement (contamination active) en utilisant leur équipement de travail, l'eau du sol ou simplement en se déplaçant d'une zone fortement contaminée (zone d'attente, étable, lazaret) vers la zone d'abattage (SCIONNEAU, 1993 ; CARTIER, 2007).

Sur la chaîne d'abattage, les zones présentant un risque accru de contamination sont celles où le personnel pourrait être en contact à la fois avec la carcasse et les substances contaminants (habillage, éviscération) (SCIONNEAU, 1993 ; CARTIER, 2007).

II.2.2. Infrastructure et équipements

Les surfaces des locaux (sols, murs, plafonds), équipements (treuil de soulèvement, crochets, arrache cuir...) ainsi que le matériel (couteaux, haches, bacs, seaux ...) peuvent être des sources de contamination pour les carcasses ; en particulier s'ils sont négligés ou mal conçus (HAMAD, 2009).

Que ce soit pour l'équipement ou les locaux, leur conception doit trouver un juste équilibre entre la propreté, la sûreté et la durabilité (FOSSE, 2003).

II.2.3. Méthode

Une méthode de travail mal pensée peut augmenter le risque de contamination. Par exemple, BISS et HATHAWAY (1998) montrent que le poste de parage des souillures visibles sur la carcasse après la dépouille contribue à étaler la flore microbienne sur des zones restées plus propres. Une bonne méthode doit limiter les contacts entre la carcasse et les opérateurs (MOCHO, 2005).

II.2.4. Matière première

Dans les conditions normales, la viande est paucimicrobienne (moins de 1 germe par g de matière) d'après **CRAPLET, (1966)**.

Les bactéries sont introduites dans la chaîne de transformation des viandes par les animaux qui les véhiculent au niveau de leur tube digestif et de leur peau, éléments qui constituent les principales sources de contamination des carcasses au moment de l'abattage (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

II.2.5. Milieu

- **Eau** : L'eau est abondamment utilisée dans les abattoirs mais son utilisation n'est pas sans effet néfaste car elle peut constituer une source de multiplication de germes, surtout dans les endroits humides, non nettoyés régulièrement (**ANDJONGO, 2006**).
- **L'air** : L'atmosphère des abattoirs est polluée par les déplacements des animaux et du Personnel, la manutention du cuir lors de la dépouille et les viscères maintenus dans le hall d'abattage (**FOURNAUD, 1982**). L'air peut se charger des microorganismes responsables d'altérations voire des maladies. En effet, les poussières et les particules véhiculées par l'air sont susceptibles de contaminer les surfaces de travail ainsi que les carcasses. Elles peuvent provenir du sol, des tenues du personnel et des murs (**ANDJONGO, 2006**).

III. Mode de contamination

Les microorganismes de la viande ont des origines diverses ; ils peuvent soit contaminer in vivo le muscle lui-même, soit pénétrer au cours de la mort de l'animal, soit enfin être apportés par les manipulations que subissent les carcasses et produits de viande au cours de la découpe et de la distribution. Les germes se multiplient par la suite, provoquant éventuellement des altérations ou rendant la viande dangereuse pour le consommateur (**BOURGEOIS et al., 1996**).

III.1 Contamination ante mortem

Elle est toujours limitée, les animaux malades sont systématiquement éliminés par les services vétérinaires lors des contrôles ante mortem, par contre, il arrive que des animaux apparemment sains hébergent dans leurs tubes digestifs des germes dangereux, en particulier les salmonelles qui lors d'agressions pourront passer dans le muscle (**BOURGEOIS et al., 1996**).

III.2. Contamination agonique et post-mortem

L'essentiel des germes est apporté au cours de l'abattage (contamination agonique) et au cours de la préparation des carcasses (contamination post-mortem) par " l'environnement " (matières fécales, peau, instruments, manipulateurs, etc.) (**BOURGEOIS et al., 1996**).

III.3. Contamination profonde

La contamination profonde est généralement peu importante dans le cas d'animaux sains abattus dans de bonnes conditions, elle se situe entre 10^{-2} à 10^{-1} germes/gramme. Une contamination non négligeable des carcasses par les bactéries intestinales peut prendre place plusieurs heures après la mort lorsque la paroi intestinale fragilisée permet l'entrée de ces bactéries qui est due au stress d'abattage qui favorise ce passage, d'où le danger d'une éviscération tardive. Il semblerait que certaines bactéries puissent pénétrer dans l'organisme d'animaux vivants apparemment sains, soit au niveau de muqueuses (**BOURGEOIS et al., 1996**).

III.4. Contamination superficielle

La contamination superficielle est toujours beaucoup plus importante que la contamination profonde. Le niveau de contamination est très variable, il se situe en moyenne aux environs de 10^3 à 10^4 germes/grammes. Ceux-ci proviennent essentiellement de l'animal lui-même (poils, excréments), de l'aire d'abattage (sol, manipulateurs) (**BOURGEOIS et al., 1996**).

IV. Caractéristiques des principaux microorganismes contaminant la viande

IV.1. Germes saprophytes et tests d'hygiène

Les germes saprophytes constituent l'essentiel de la microflore de contamination des viandes et des produits à base de viande. Parmi les bactéries saprophytes isolées des viandes, citer par ordre d'importance d'abord *Pseudomonas*, *Acinetobacter* et *Micrococcus* ; il y a ensuite, les Entérobactéries et *Flavobacterium* et enfin, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Lactobacillus*, *Alcaligenes*, *Serratia*, *Streptococcus*, *Aeromonas*, *Corynebacterium*, *Arthrobacter* et *Clostridium*.

Parmi, les bactéries saprophytes les hygiénistes font aussi une place à *Escherichia coli*, aux coliformes fécaux et entérocoques en général. Ces bactéries sont considérées comme provenant directement du tube digestif. Cependant *E. coli* demeure actuellement le seul et le plus sûr des germes tests à utiliser en hygiène publique (**FOURNAUD, 1982**).

IV.1.1. Flore aérobie mésophile

Les germes aérobies totaux ne constituent pas une famille bactérienne particulière (**SALIFOU et al., 2013**). Il s'agit des microorganismes formant des colonies dénombrables après leur multiplication dans des conditions de laboratoire définies (**GHAFIR et DAUBE, 2007**). Leur température d'incubation est de 30°C. Cependant, d'autres températures (35°C, 37°C) sont parfois utilisées.

Les microorganismes de la flore aérobie totale peuvent s'agir d'entérobactéries, de *Bacillus*, de staphylocoques, de *Pseudomonas*, de bactéries lactiques ou d'autres agents éventuellement pathogènes. Leur présence au-delà des limites définies peut signifier un défaut d'hygiène des procédés de fabrication (GHAFIR et DAUBE, 2007).

IV.1.2. *Pseudomonas*

Le genre *Pseudomonas* est constitué de bacilles Gram négatifs, droits ou légèrement incurvés, ayant une taille de 0,5 à 1,0 µm sur 1,5 à 5,0 µm, aérobies, oxydase positifs, non sporulés et généralement mobiles par un ou des flagelles polaires (figure04). Certains produisent des pigments hydrosolubles fluorescents ou pyoverdine, de couleur jaune-vert qui ont un rôle de sidérophores. La plupart des espèces sont psychrotrophes. Leur croissance est possible entre 4°C (voire moins) et 43°C (LABADIE *et al.*, 1996 ; EUZEBY, 2007).

Les *Pseudomonas* sont ubiquistes et peuvent vivre dans des niches écologiques très diverses. Peu virulentes, plusieurs souches sont des pathogènes opportunistes pour l'homme et des agents d'altération des viandes, poissons et produits laitiers. Les espèces les plus fréquemment rencontrées chez l'homme sont *Pseudomonas aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. putida* et *P. stutzeri* (EUZEBY, 2007).

Les *Pseudomonas* sont les principales bactéries psychrotrophes retrouvées dans les viandes, le lait et, dans une moindre mesure, les produits végétaux. Présentes dans les aliments, la réfrigération permet leur multiplication et la production d'enzymes protéolytiques et lipolytiques responsables d'altérations. Leur présence au niveau des chaînes d'abattage et en particulier dans les chambres froides constitue une source permanente de contamination des viandes. *Pseudomonas* est principalement utilisé comme indicateur d'altération des viandes fraîches et du lait (Figure 4) (LABADIE *et al.*, 1996).



Figure 4. Aspect de *Pseudomonas aeruginosa* en microscopie Électronique à balayage (X 10 000)
(GENESTET, 2014)

IV.1.3. Entérobactéries

Les *Enterobacteriaceae* ou entérobactéries appartiennent à une famille de courts bâtonnets, Gram négatifs, de 0,3 à 1,0 μm sur 1,0 à 6,0 μm , dont certains sont mobiles au moyen de flagelles péritriches et d'autres immobiles. Non sporulés, ils se multiplient en présence et en absence d'oxygène. Ils possèdent un métabolisme respiratoire et fermentatif et produisent des acides, et souvent du gaz, lors de la fermentation de glucose et d'autres hydrates de carbones (GHAFIR et DAUBE, 2007).

Il s'agit d'un groupe biochimiquement et génétiquement apparenté, présentant une grande hétérogénéité du point de vue de son écologie, de ses hôtes, et de son potentiel pathogène pour l'homme, les animaux, les insectes et les plantes. Cette famille inclut plusieurs genres et espèces de bactéries pathogènes d'origine intestinale (*Shigella*, *Salmonella*, *Yersinia*, et les souches pathogènes d'*E. coli*) (RAY, 2001 et EUZEBY, 2007).

IV.2. Principaux germes pathogènes de la viande

IV.2.1. *Staphylococcus*

Les staphylocoques sont des bactéries Gram positif qui se regroupent en chainettes de 3 à 5 coques ou en amas irréguliers en forme de grappe de raisins, et appartiennent divers genres (**figure 05**). Parmi eux, on trouve "*Staphylococcus aureus*", une bactérie pathogène présente dans la peau, dans les mamelles, ainsi que dans le tractus digestif et génital des animaux vivants. Ils peuvent également être présents chez le personnel souffrant d'affections cutanées purulentes. Après l'abattage, ces bactéries peuvent se retrouver sur les carcasses, soit directement soit indirectement lors des opérations impliquant des éléments contaminés, ou encore par le biais de pollutions d'origine humaine. Bien que cette bactérie soit généralement présente en quantité limitée, sa détection à des niveaux microbiologiques dépassant les critères indique un défaut de respect des normes d'hygiène (**JOUE, 1996**).

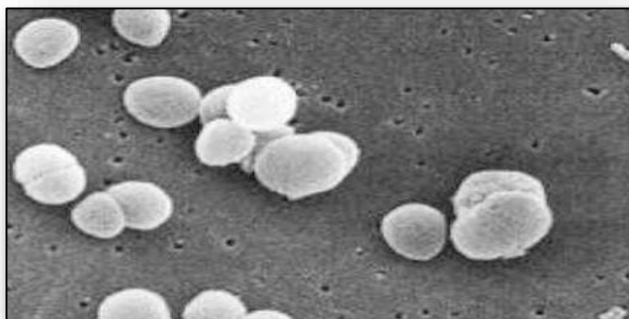


Figure 5. Aspect de *Staphylococcus aureus* en microscope électronique à balayage (X 15000) (ZULIANI et PASCAL, 2004)

IV.2.2. *Escherichia coli*

Escherichia coli fait partie de la famille des Entérobactéries. Il s'agit de courts bâtonnets mobiles au moyen de flagelles péritriches, Gram négatifs, anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase négative, mesurant de 2 à 4 μm de long et d'un diamètre d'environ 0,6 μm (**figure 06**). Ils sont capables de fermenter plusieurs sucres, mais leur fermentation du lactose avec production de gaz est caractéristique. La multiplication à 44°C (optimum 40 °C et extrême à 45,5 °C), la production d'indole et la présence d'une activité B-glucuronidase, sont également caractéristiques. Les espèces de *E. coli* sont sérotypées en se basant sur leurs 173 antigènes somatiques (O), 5 6 antigènes flagellaires (H) et 80 antigènes capsulaires (K) (**FENG, 2001 ; ESLAVA et al., 2003**).

Etant l'espèce bactérienne anaérobie facultative prédominante dans l'intestin et les fèces, la présence de *E. coli* dans les aliments et l'eau est considérée comme une indication de contamination fécale et, dès

lors, l'indication d'une possible présence de microorganismes pathogènes d'origine fécale. La surveillance de *E. coli* représente le meilleur indicateur d'hygiène des procédés pour suivre la contamination fécale d'un aliment (UE, 2007).

La contamination a lieu le plus souvent lors de la production et de la transformation d'aliments crus d'origine animale, ou indirectement, *via* la contamination par de l'eau contaminée (FENG, 2001 ; RAY, 2001 ; ESLAVA *et al.*, 2003).

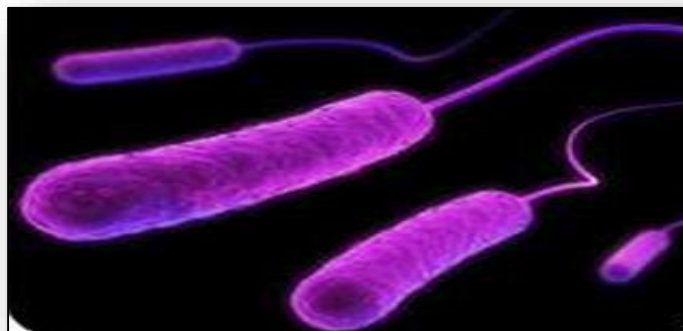


Figure 6. Aspect de *E. coli* en microscope électronique à balayage (X 20 000) (SALIFOU *et al.*, 2012)

IV.2.3. *Salmonella*

Salmonella appartient à la famille des *Enterobacteriaceae*. Les *Salmonella* sont constituées de bacilles droits, gram négatifs, anaérobies facultatifs, non sporulés, d'une taille de 0,7 à 1,5 μm de large et de 2,0 à 5 μm de long. Les bacilles sont généralement mobiles grâce à des flagelles péritriches (**figure 07**). Ils produisent généralement des acides et du gaz à partir de glucose et utilisent le citrate comme seule source de carbone. Ces bactéries croissent à des températures situées entre 8°C et 45°C, mais sont sensibles à la chaleur (GHAFIR et DAUBE, 2007).

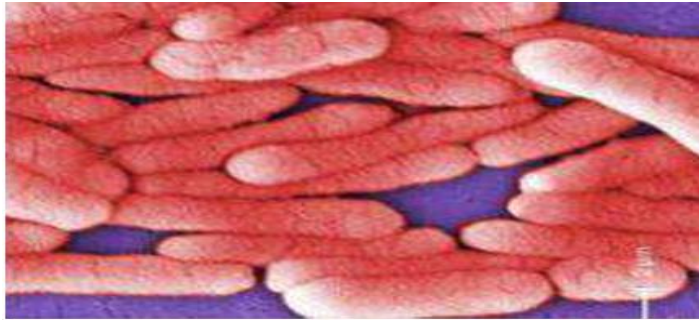


Figure 7. Aspect de *Salmonella* en microscope électronique à balayage (X 20 000) (MOUSSET, 2011)

Partie expérimentale

OBJECTIFS

Ce travail vise à étudier la charge microbienne des carcasses ovines et des surfaces prélevées dans l'abattoir d'El-Harrach.

Les microorganismes étudiés sont les suivants :

- Flore aérobie mésophile totale à 30°C.
- Coliformes totaux et coliformes thermotolérants.
- *Staphylococcus* sp.
- *Pseudomonas* sp.

Chapitre I : MATERIEL ET METHODES

I. Matériel et méthodes

I.1. Matériel

I.1.1. Lieu et durée de l'étude

Tous les prélèvements analysés ont été récoltés à l'abattoir municipal d'El-Harrach durant le mois de novembre 2024. Lors de notre visite, nous avons non seulement dressé un inventaire, mais aussi été témoins du processus complet d'abattage depuis la réception des animaux jusqu'au transport des carcasses et du cinquième quartier dans des camions réfrigérés (**figure 08**). Par ailleurs, tous les prélèvements effectués ont été analysés durant la même période au laboratoire d'HIDAOA de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire Rabie BOUCHAMA.



I.1.2. Présentation de l'abattoir d'El-Harrach

L'abattoir d'El-Harrach, se trouve dans la périphérie d'Alger, sur l'avenue des libérés, entre la rive droite de l'Oued El-Harrach et la route nationale N°5. Il a été érigé en 1919 et se présente comme complètement inscrit dans une zone bâtie.

L'abattoir est équipé des installations suivantes (**figure 9**) :

- Locaux de stabulation divisés en 5 enclos pour séparer les animaux selon les espèces ;

- 02 salles d'abattage dont la plus grande est réservée pour l'abattage des bovins, ovins et caprins, et la plus petite pour l'abattage des équidés ;
- Un espace de stockage du cuir ;
- Un local de vidange des réservoirs gastriques ;
- Une chambre froide ;
- Des vestiaires et sanitaires ;
- Un secteur administratif comprenant deux locaux ; un réservé pour les services vétérinaires et un autre dédié au directeur de l'abattoir ;
- Un parking pour voitures et camions.

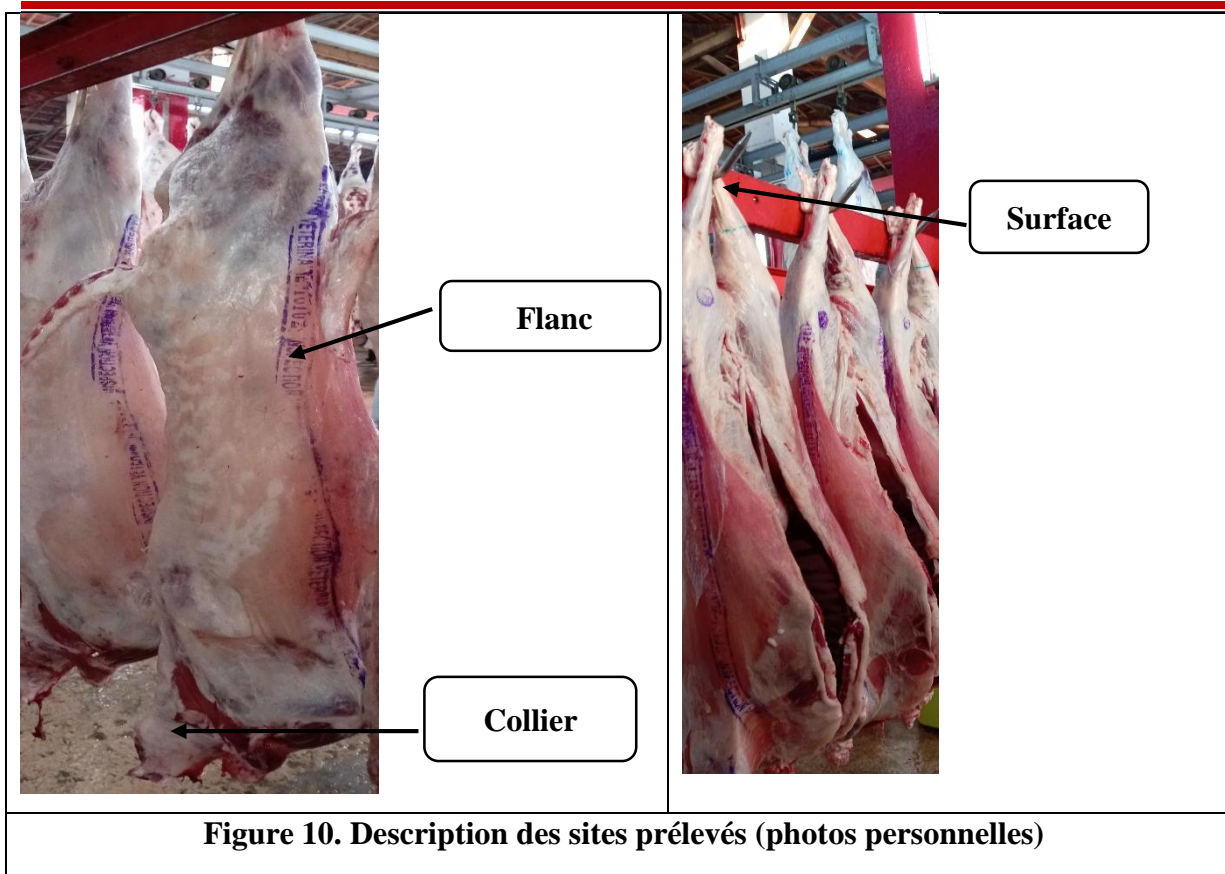


Figure 9. Abattoir d'El Harrach (photos personnelles)

I.2. Matériel

I.2.1. Matériel biologique

Les sites ayant fait l'objet d'échantillonnage et de prise d'essais pour les différentes analyses sont présentés dans la **Figure 10**.



I.2.1. Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé pour réaliser cette étude est listé dans le **tableau1**.

Tableau 1. Matériel non biologique utilisé

Matériel de prélèvement	Matériel de laboratoire	
	Equipement	Milieux de culture et réactifs
<ul style="list-style-type: none"> - Glacière ; - Ecouvillons stériles ; - Tubes à essai stériles renfermant les solutions de transport ; - Alcool et coton ; - Gabarits. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alcool éthylique ou isopropylique à 70% ; - Briquet et bec Bunsen ; - Gants stériles jetables de grandeur appropriée ; - Sacs Stomacher stériles avec baguettes ; - Seringues et micropipettes de 1000 µl ; - Embouts pour micropipettes stériles de 1 ml ; - Flacons, Tubes à essai stériles et portoirs pour tubes à essai et embouts pour micropipettes ; - Marqueurs indélébiles ; - Balance électronique ; - Plaque chauffante agitatrice avec barreau magnétique ; - Autoclave, étuves (réglées à 30°C, 37°C et 44°C) ; - Réfrigérateur et vortex électrique ; - Anse de platine ; - Broyeur-homogénéisateur (Stomacher®) - Compteur de colonies. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diluant : Solution de Tryptone Sel Eau (TSE) ; - Gélose standard pour dénombrement (Plate Count Agar : PCA) ; - Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBG : Violet Red Bile Glucose) ; - Gélose cétrimide - Gélose Hektoen ; - Gélose XLD (Xylose-Lysine-Désoxycholate) ; - Bouillon urée-indole ; - Gélose TSI (Triple Sugar Iron).

II. Méthodes

II.1. Méthode d'échantillonnage

II.1.1. Prélèvement des carcasses ovines et des surfaces

Avant d'être soumis à une analyse microbiologique, 21 échantillons ont été collectés de manière aléatoire dans la salle d'abattage.

- 7 carcasses sont recueillies sur deux lieux d'échantillonnage, à savoir 7 colliers et 7 les flancs. (Tableau2).
- 7 surfaces en contact avec les carcasses de moutons échantillonnées sont également prélevées.

Tableau 2. Données sur les carcasses prélevées

Espèce	Sexe	Age	Nombre de carcasses prélevées	Sites d'échantillonnage	Nombre total d'échantillons récoltés
Ovine	Mâle	≥ 1 an	7	-7colliers -7 Flancs	14

II.1.2. Modalité du prélèvement

Trois sortes d'échantillons (collier, flanc et surface) ont été collectées en employant la méthode du double prélèvement, humide et sec. Cette technique nécessite l'emploi d'un modèle stérile spécifique pour chaque région :

- 1- Un écouvillon est immergé dans un diluant stérile à base de Tryptone Sel Eau.
- 2-Un gabarit stérile est placé sur la zone d'échantillonnage.
- 3-L'écouvillon est appliqué avec une pression ferme à l'intérieur du gabarit, assurant que toute la surface de la zone soit couverte et que l'écouvillon soit entièrement utilisé. Le frottement se fait verticalement et horizontalement (Figure 11).
- 4-L'écouvillon est ensuite placé dans un tube à essai contenant le diluant, et le manche en bois est cassé.
- 5-Un second écouvillon sec est appliqué de la même manière à l'intérieur du gabarit sur la même zone d'échantillonnage. Ce deuxième écouvillon est frotté à un angle de 90° par rapport au premier frottement.

6-Ce deuxième écouvillon sec est également placé dans le même tube stérile contenant le diluant peptone-sel.

Cette méthode garantit une collecte rigoureuse et stérile des échantillons, essentielle pour les analyses microbiologiques précises.



II.1.3. Transport des échantillons

L'ensemble des prélèvements a été acheminé aussitôt dans une glacière vers le laboratoire d'HIDAOA de l'ENSV d'Alger dans une durée n'excédant pas 1 heures.

II.2. Méthode d'analyse microbiologique

II.2.1. Préparation des échantillons à tester

a. Homogénéisation

Les écouvillons (sec et humide) de chaque échantillon ainsi que leur contenu sont rajoutés dans un sac Stomacher stérile contenant le diluant peptone sel (solution de 0,1% de Peptone et 0,85% de Chlorure de Sodium). Puis, le tout est homogénéisé à l'aide d'un agitateur électrique de type Stomacher.

b. Dilutions

La préparation des dilutions décimales en vue d'examen microbiologiques sont réalisées de la manière suivante :

1. Lors de la préparation des dilutions, 1 ml est transféré de la suspension mère dans 9 ml de diluant pour obtenir une dilution de 10^{-1} ;
2. Cette procédure est répétée avec les autres dilutions en utilisant une nouvelle pipette stérile pour chaque dilution décimale.

II.2.2. Dénombrement des colonies en totalité

a. FAMT à 30°C, entérobactéries et coliformes thermotolérants

Pour la réalisation du dénombrement de chaque groupe de micro-organismes :

Transférer 1 ml de chaque dilution décimale à l'aide d'une micropipette de 1000 μ l dans une boîte de pétri, préalablement préparée et numérotée pour cet usage ;

Verser environ 15 ml de gélose PCA ou VRBG fondue et refroidie dans chaque boîte de Pétri.

Mélanger soigneusement le milieu et l'inoculum en effectuant des mouvements en 8 et des mouvements de va-et-vient puis laisser le mélange se solidifier sur une paillasse horizontale et fraîche ;

Après solidification des milieux retourner les boîtes ainsi préparées puis les incuber en aérobiose pendant 24h à 72h à 30°C pour la flore aérobie mésophile totale, 37°C pour les entérobactéries et 44°C pour les coliformes thermotolérants.

b. *Staphylococcus* sp.

Transférer 0,1 ml de chaque dilution décimale à l'aide d'une micropipette de 100 μ l dans une boîte de Pétri identifiée, contenant environ 15 ml de gélose Baird Parker préparée, coulée et refroidie.

Ensemencer chaque inoculum en l'étalant sur toute la surface de la gélose à l'aide d'un râteau puis incuber les boîtes en aérobiose durant 24h à 48h à une température de 37°C pour *Staphylococcus* sp.

c. Lecture

1. Dénombrement

On ne compte que les colonies issues de deux boîtes avec des dilutions successives, contenant entre 15 et 300 colonies par boîte pour le FAMT, et entre 15 et 150 colonies pour les autres microorganismes.

2. Propriétés des colonies sur divers milieux

- ❖ Sur gélose PCA, les colonies dénombrées sont blanchâtres, lenticulaires et en tête d'épingle, en croissance profonde.
- Sur la gélose VRBG, les colonies dénombrées présentent une forme lenticulaire, une couleur violette et ont tendance à croître en masse.

- Sur gélose Baird Parker, les colonies dénombrées sont noirâtres ou grisâtres.
- Sur gélose Cétrimide, les colonies dénombrées sont arrondies, de couleur blanchâtre à verdâtre.
 - Appliquer la formule suivantes (résultat/ cm²) :

$$\text{UFC/cm}^2 = \frac{\text{Nombre en UFC/boîte} \times a}{b \times (\text{facteur de dilution})}$$

- a: Volume de la suspension mère
- b: Taille de la surface prélevée en cm²

II.2.3. Recherche et identification biochimique

a. Recherche de *Salmonella* spp.

Pour la mise en évidence de *Salmonella*, une version modifiée issue des normes ISO 6579 : 2002 et 2017 relatives à la recherche de *Salmonella* spp. a été appliquée. Cette méthode bactériologique comporte un pré-enrichissement, un isolement sélectif sur géloses XLD et Hektoen après incubation à 37°C pendant 18 à 24 heures en aérobie, et une identification biochimique.

Sur gélose Hektoen, les colonies caractéristiques de *Salmonella* spp. présentent une couleur verte ou bleu-vert, avec ou sans centre noir. Sur gélose XLD, les colonies typiques de *Salmonella* sp. sont rouges, également avec ou sans centre noir.

Enfin, dans le cas où des colonies caractéristiques sont isolées, elles seront prélevées et réensemencées sur une gélose nutritive incubée à 37°C pendant 24 heures en vue d'obtenir des cultures pures et effectuer les tests biochimiques nécessaires à la confirmation et à l'identification de l'espèce de *Salmonella* spp.

II.2.4. Critères microbiologiques indicateurs d'hygiène des procédés

Étant donné l'absence de critères définis dans la réglementation algérienne pour évaluer la qualité microbiologique des carcasses ovines et des surfaces échantillonnées par une méthode non destructive, nous avons utilisé les normes internationales comme cadre de référence pour cette évaluation (Tableau3).

Tableau 3. Critères microbiologiques indicateurs d'hygiène

Carcasses

Flore Recherchée	Limites Microbiologiques (UFC/cm2)	
	m	M
FAMT	1,00E+03	3,2E+04
Entérobactéries	1,00E+01	1,00E+02
Salmonella spp.	Absence de contamination dans la partie examinée de la carcasse	
Surfaces		
FAMT	10/cm2	>10/cm2
Entérobactéries	0/cm2	>0/cm2
Salmonella spp.	0/cm2	>0/cm2
Appréciation de la qualité microbiologique		
Satisfaisante	Acceptable	Non satisfaisante
R<m	m< R <M	R>M

m : Critère microbiologique ; **M** : Seuil d'acceptabilité au-delà duquel le produit n'est plus satisfaisant ;
R : Résultat.

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Moyennes de contamination de l'ensemble des échantillons analysés

Les résultats de cette étude révèlent des niveaux de contamination microbienne des carcasses et des surfaces clairement différents.

La moyenne de contamination des carcasses ($3,80E+01$ UFC/cm²) est inférieure à la moyenne de contamination des surfaces ($4,73E+03$ UFC/cm²). De plus, le flanc ($4,46E+01$ UFC/cm²) présente un niveau de contamination plus élevé que le collier ($3,14E+01$ UFC/cm²), comme le montrent le **Tableau 4** ainsi que les **Figures 12 et 13**.

Tableau 4. Moyennes des charges microbiennes de l'ensemble des échantillons analysés

Microorganismes (UFC/cm ²)	FAMT	ST	ETB	CTT	PS	SAL	Moyenne
Carcasse	1,46E+02	1,39E+01	1,20E+01	9,11E+00	8,57E+00	0,00E+00	3,80E+01
Collier	1,20E+02	1,04E+01	6,07E+00	7,14E+00	1,29E+01	0,00E+00	3,14E+01
Flanc	1,72E+02	1,75E+01	1,79E+01	1,11E+01	4,29E+00	0,00E+00	4,46E+01
Surface	2,25E+04	1,57E+02	1,14E+02	2,86E+00	8,77E+02	0,00E+00	4,73E+03
Moyenne	1,13E+04	8,55E+01	6,31E+01	5,98E+00	4,43E+02		

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale ; **ST** : *Staphylococcus* spp., **ETB** : entérobactéries ; **CTT** : Coliformes thermotolérants ; **PS**: *Pseudomonas* sp. **SAL** : *Salmonella* spp ; **UFC**: Unité Formant Colonie.

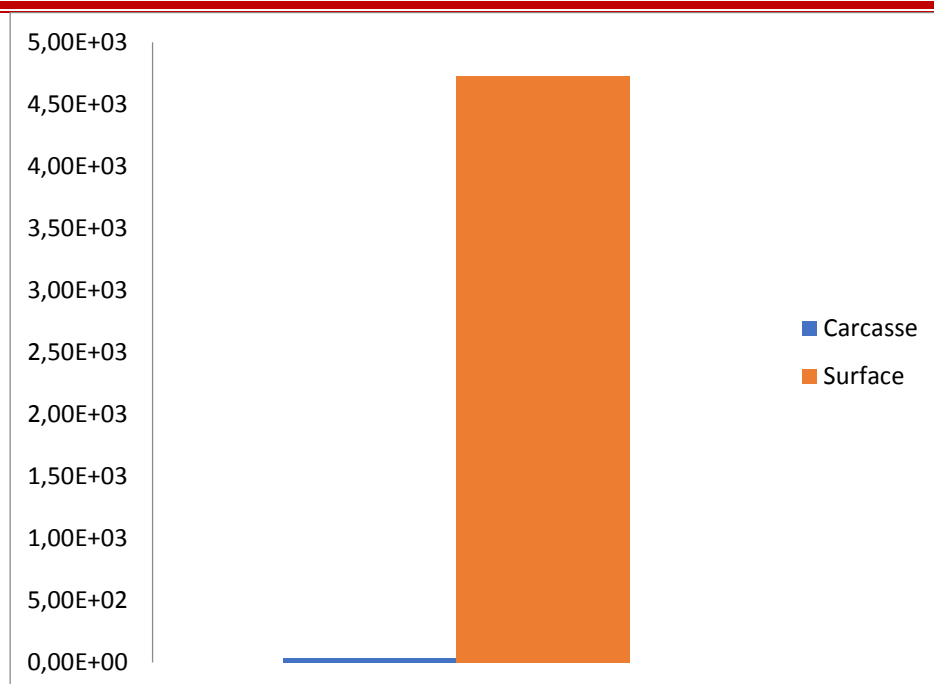


Figure 13. Moyennes des charges microbiennes de l'ensemble des échantillons analysés

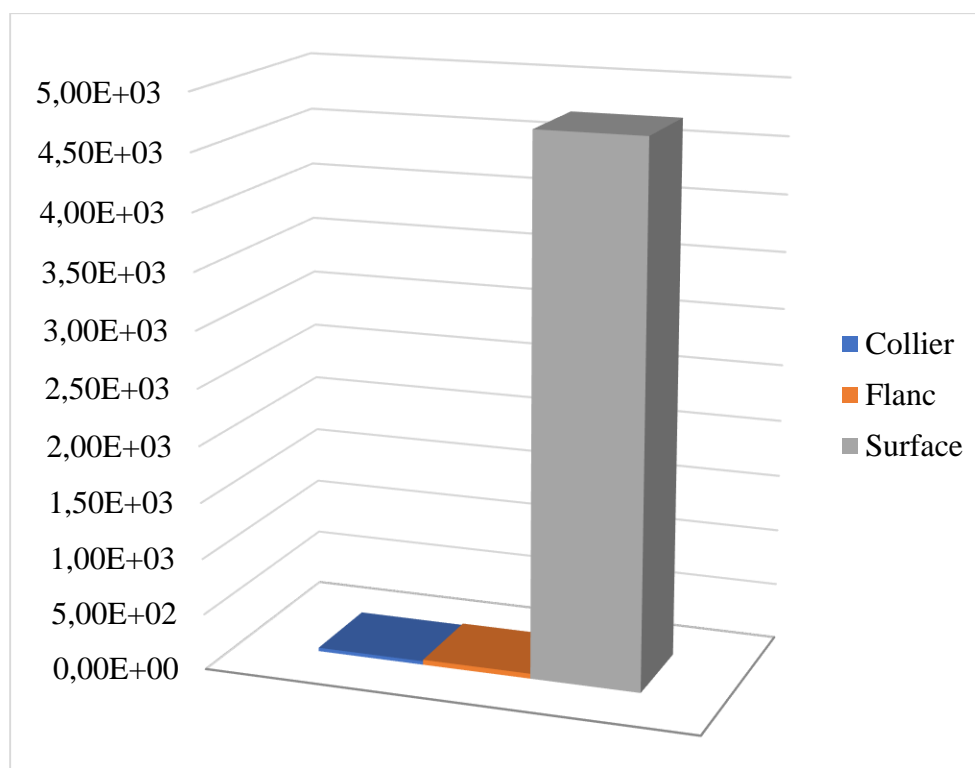


Figure 14. Moyennes des charges microbiennes par site de prélèvement

II. Charge microbienne des sites étudiés

Les niveaux de contamination microbienne varient selon le type de micro-organisme et dépendent du site de prélèvement analysé.

La contamination moyenne des carcasses par la flore aérobie mésophile totale (FAMT) est estimée à environ $1,46 \times 10^2$ UFC/cm², ce qui en fait la flore prédominante. Elle est suivie par les *Staphylococcus* spp, avec une charge moyenne $1,39 \times 10^1$ UFC/cm², puis par les entérobactéries à $1,20 \times 10^1$ UFC/cm². Les coliformes thermotolérants et les *Pseudomonas* spp. Présentent des niveaux plus faibles, respectivement de $9,11 \times 10^0$ UFC/cm² et $8,57 \times 10^0$ UFC/cm². Par ailleurs, la présence de *Salmonella* spp. n'a pas été détectée (moyenne de contamination égale à $0,00 \times 10^0$ UFC/cm²) (**Tableau 7, Figure 14**).

Les résultats obtenus révèlent également que (**Tableau 7 et Figures 14 et 15**) :

- La charge microbienne enregistrée pour les surfaces est de manière générale largement supérieure à celle des carcasses.
- Pour les FAMT (Surface : $2,25 \times 10^4$ UFC/cm² vs Carcasse : $1,46 \times 10^2$ UFC/cm²), ST, ETB et PS (ST : $1,57 \times 10^2$ vs $1,39 \times 10^1$; ETB : $1,14 \times 10^2$ vs $1,20 \times 10^1$; PS : $8,77 \times 10^0$ vs $8,57 \times 10^0$ UFC/cm²), les niveaux de contamination observés sur les surfaces sont largement supérieurs à ceux des carcasses.
- La charge des CTT des surfaces est inférieure à celle des carcasses (CTT : $2,86 \times 10^0$ vs $9,11 \times 10^0$ UFC/cm²).
- La contamination moyenne du flanc par la FAMT, les staphylocoques, les entérobactéries et les coliformes thermotolérants est supérieur à celui du collier (FAMT : $1,72 \times 10^2$ vs $1,20 \times 10^2$; ST : $1,75 \times 10^1$ vs $1,04 \times 10^1$; ETB : $1,79 \times 10^1$ vs $6,07 \times 10^0$; CTT : $1,11 \times 10^1$ vs $7,14 \times 10^0$ UFC/cm²).
- La moyenne de contamination du collier par les *Pseudomonas* spp. est supérieur à celle du flanc ($1,29 \times 10^1$ vs $4,29 \times 10^0$ UFC/cm²).

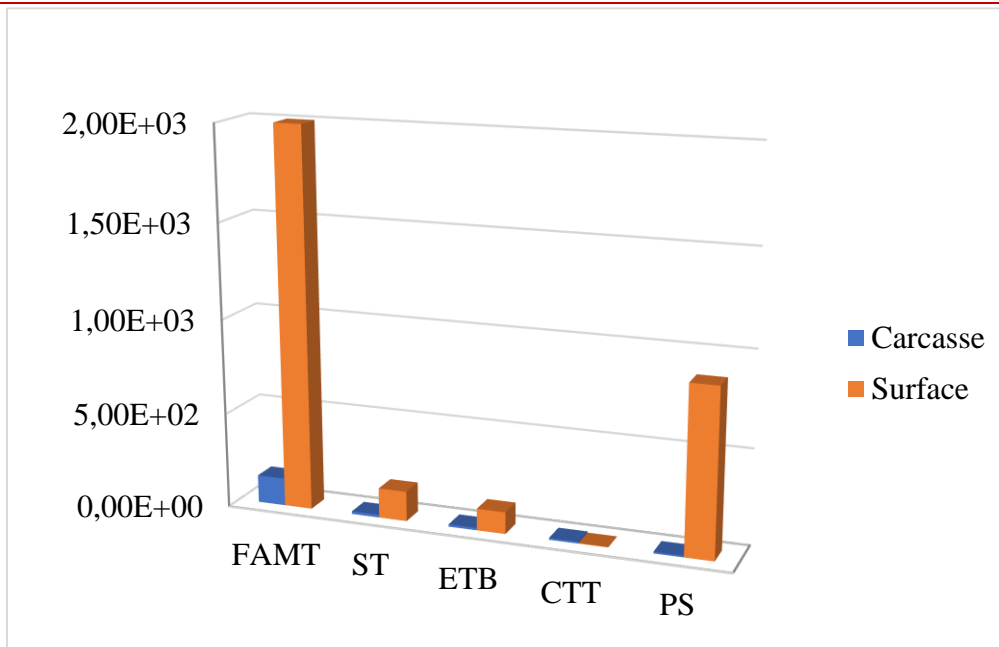


Figure 15. Moyennes des charges microbiennes de l'ensemble des échantillons analysés

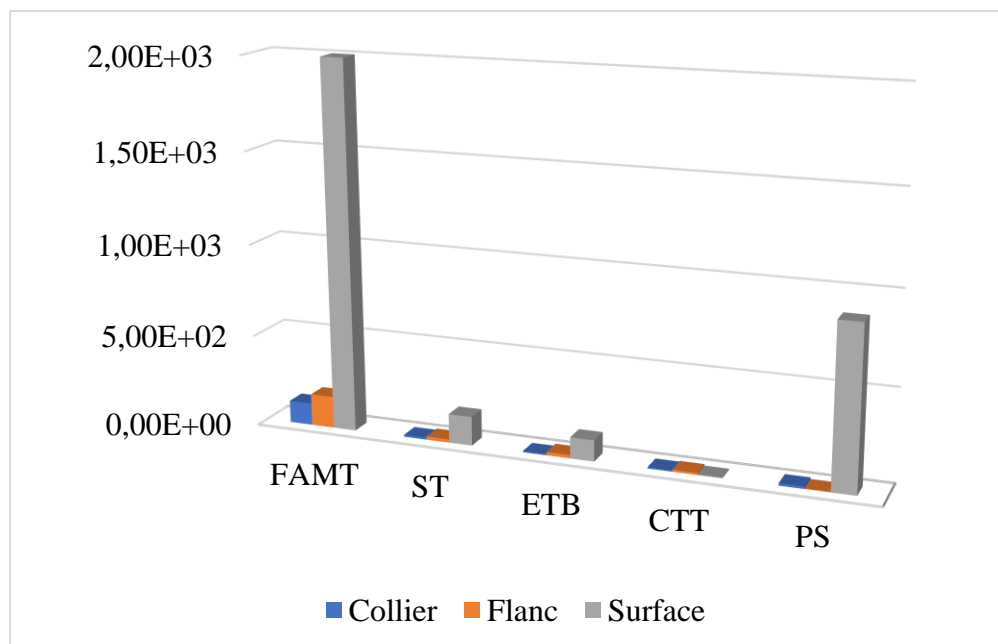


Figure 16. Moyennes des charges microbiennes en fonction du site prélevé

Globalement, les résultats mettent en évidence une disparité entre les charges microbiennes des flores ciblées pour les sites échantillonnés. Les surfaces, les flancs et les colliers sont par ordre de contamination décroissante, les endroits les plus contaminés.

Les trouvailles du collier ne correspondent pas à celles précédemment documentées par MEBAREK *et al.* (2024) concernant la FAMT ($1,33\text{E}+03$ UFC/cm²), les staphylocoques ($5,21\text{E}+01$ UFC/cm²), les entérobactéries ($1,08\text{E}+02$ UFC/cm²) et les coliformes thermotolérants ($8,79\text{E}+01$ UFC/cm²). Cependant, ils présentent des similitudes en ce qui concerne la charge de *Pseudomonas* spp. ($1,07\text{E}+01$ UFC/cm²) rapportée par les auteurs en question.

Les résultats obtenus pour le flanc ne sont pas en accord avec ceux rapportés précédemment MEBAREK *et al.* (2024), notamment en ce qui concerne la FAMT ($4,55\text{E}+03$ UFC/cm²), les entérobactéries ($3,21\text{E}+00$ UFC/cm²), les coliformes thermotolérants ($0,00\text{E}+00$ UFC/cm²), les staphylocoques ($9,06\text{E}+02$ UFC/cm²) et les *Pseudomonas* spp. ($3,21\text{E}+01$ UFC/cm²).

Les résultats de la surface ne concordent pas également avec ceux précédemment rapportés par MEBAREK *et al.* (2024) pour la FAMT ($3,10\text{E}+04$ UFC/cm²), les entérobactéries ($4,09\text{E}+02$ UFC/cm²), les coliformes thermotolérants ($9,43\text{E}+01$ UFC/cm²), les staphylocoques ($4,77\text{E}+02$ UFC/cm²) et les *Pseudomonas* spp. ($3,38\text{E}+04$ UFC/cm²).

III. Appréciation de la qualité microbiologique par les indicateurs d'hygiène des procédés

III.1. FAMT

La FAMT représente un indicateur d'hygiène des procédés. Elle comprend des bactéries pathogènes pour l'homme ainsi que divers micro-organismes d'altération (MAPAQ, 2019).

Ce groupe représente également la flore dominante de la contamination générale des divers sites échantillonnés, notamment les carcasses ovines (flanc et collier) ainsi que les surfaces.

Concernant les carcasses prélevées, la moyenne générale des 14 échantillons analysés est de $1,46\text{E}+02$ UFC/cm² ce qui est en-dessous du critère microbiologique. Le résultat est dit « satisfaisant ».

Pour les surfaces prélevées, la moyenne générale des 07 échantillons analysés est de $2,25\text{E}+04$ UFC/cm², ce qui est au-dessus du critère microbiologique indiqué pour la FAMT (10 UFC/cm²) (CE N°2073, 2005). Ainsi, le résultat est dit « non satisfaisant ».

Ces résultats démontrent la présence de pratiques inadéquates, comme une hygiène défailante, au sein de l'abattoir d'El-Harrach.

Étant donné que la FAMT constitue un indicateur global de la qualité hygiénique et des conditions de manipulation dans les établissements (AFSSA, 2006), il est probable que plusieurs facteurs aient contribué à l'élévation de la charge microbienne de cette flore avant la réfrigération des carcasses. Ces dernières auraient contribué à la contamination des surfaces.

Parmi les éléments identifiés, on peut mentionner :

- Le non-respect des normes d'hygiène personnelle, vestimentaire et comportementale du personnel, particulièrement durant l'étape de préparation ;
- La contamination d'autres origines potentielles telles que l'air, l'eau et les instruments utilisés lors de la saignée ;
- La survenance de contaminations croisées entre les animaux vivants et les carcasses ;
- Le stockage des peaux à proximité des carcasses ;
- L'absence de flux à sens unique.

III.2. Entérobactéries

La moyenne totale des 14 échantillons analysés issus des carcasses ovines est de $1,20 \times 10^1$ UFC/cm², ce qui est supérieur au critère microbiologique fixé pour les entérobactéries ($1,00 \times 10^1$ UFC/cm²) mais inférieur au seuil d'acceptabilité selon le règlement **CE N°2073/2005**. Par conséquent, ce résultat est considéré comme « acceptable ».

Les résultats obtenus indiquent que le flanc représente la zone anatomique la plus contaminée par les entérobactéries. Cette forte charge microbienne pourrait être liée à une contamination directe par les matières fécales libérées lors de l'éviscération, ou au ruissellement de liquides biologiques sur cette zone durant les manipulations.

L'augmentation de la charge en entérobactéries peut également être associée aux points suivants :

- L'intervention manuelle du personnel parfois sans lavage des mains.
- L'utilisation d'outils non désinfectés.
- Le flanc se trouve souvent en contact avec les équipements, les vêtements ou même les surfaces souillées.
- L'absence de séparation stricte entre les étapes sales et propres du processus d'abattage sont autant de facteurs qui favorisent la prolifération d'entérobactéries dans cette région anatomique.

La moyenne générale des 7 échantillons analysés provenant des surfaces est de $1,14 \times 10^2$ UFC/cm², ce qui dépasse le critère microbiologique fixé pour les entérobactéries (0 UFC/cm²), conformément au règlement CE N°2073/2005. Par conséquent, le résultat est jugé « non satisfaisant ». Cette contamination reflète vraisemblablement un défaut dans les opérations de nettoyage et de désinfection, en particulier au niveau des crochets.

III.3. Recherche de *Salmonella* sp.

Tous les échantillons analysés sont négatifs pour *Salmonella* spp. (0% ; n=0/42). Selon le règlement (CE) N° 2073 (2005), pour les carcasses ovines, les salmonelles font partie des critères d'hygiène des procédés. Pour le critère *Salmonella* sp, tous les échantillons examinés (carcasses et surfaces) ont obtenu des résultats « satisfaisants ». Par conséquent, le processus d'abattage et l'insuffisance de nettoyage et désinfection des équipements et du matériel dans cet abattoir n'auraient pas contribué à la contamination des carcasses par *Salmonella* sp.

IV. Charge microbienne des coliformes thermotolérants

Parmi les coliformes totaux, il existe un sous-groupe de bactéries nommé coliformes thermotolérants, qui inclut l'espèce *Escherichia coli* (MAPAQ, 2019). Ce groupe présente les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux, après incubation à 44°C. Ce sont en outre des microorganismes témoins d'une contamination fécale lorsque cette population microbienne est représentée par *E. coli* (HACHICH *et al.*, 2012). Même si le groupe des coliformes thermotolérants ne figure pas parmi les indicateurs d'hygiène des procédés (ANSES, 2008(A)), à l'instar du groupe des coliformes totaux, le groupe de coliformes thermotolérants est aussi constitué de bactéries que l'on trouve dans l'intestin mais aussi dans d'autres environnements (ANONYME, 2020). Ainsi, différentes sources de contamination d'origine fécale ou environnementale avant le ressuyage des carcasses auraient contribué à l'augmentation de la charge microbienne non seulement des coliformes totaux, mais aussi des coliformes thermotolérants.

V Recherche d'*E. coli*

Escherichia coli a été détectée dans 80,95 % des échantillons analysés (17/21). Par ailleurs, 52,38 % (11/21) des carcasses étaient contaminées, avec une répartition observée au niveau du collier (4 /21 ; 19,05%) qui était inférieure à celle du flanc (7/21 ; 33,33%), indiquant que la région du flanc est particulièrement sensible à la contamination fécale. De plus, 28,57 % (6/21) des échantillons de surface ont également révélé la présence de cette espèce bactérienne (Figure 16 et 17).

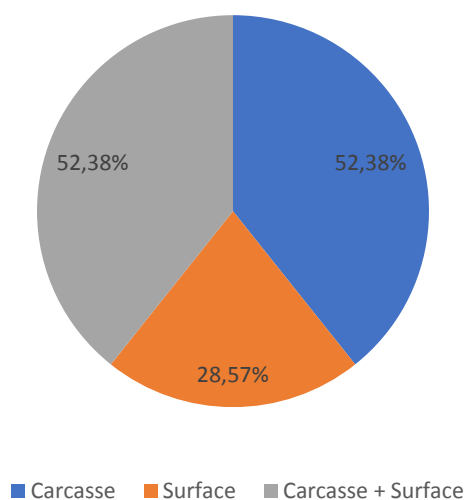


Figure 17. Taux de contamination des carcasses et des surfaces par *E. coli*

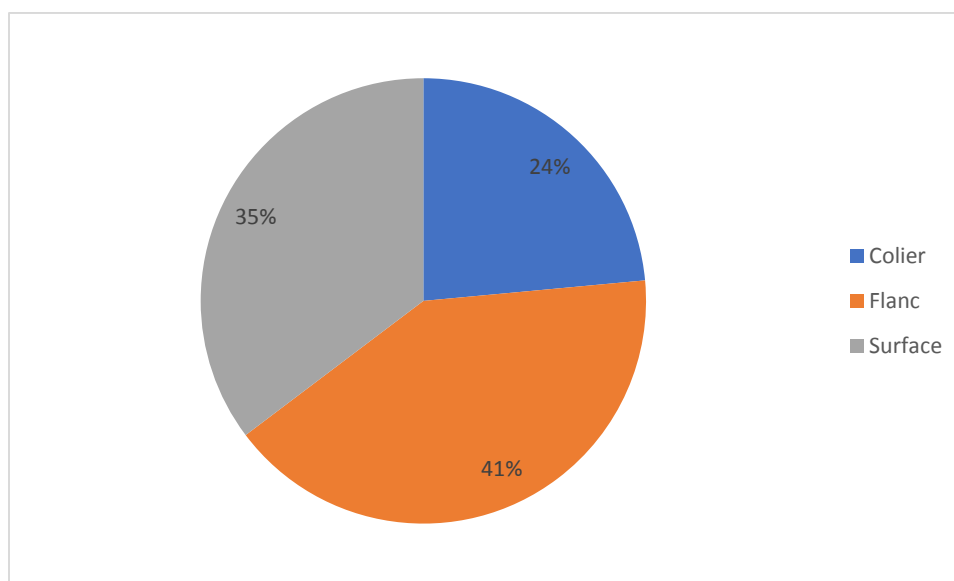


Figure 18. Taux de contamination des surfaces, des coliers et des flancs par *E. coli*

La présence d'*E. coli* indique une contamination fécale des carcasses et des crochets prélevés. *E. coli* est le meilleur indicateur d'une contamination d'origine fécale, puisqu'elle est présente dans le tube digestif des animaux et de l'homme et qu'elle est le seul membre du groupe des coliformes à être exclusivement d'origine fécale. Néanmoins, son absence n'est pas une assurance absolue de l'absence de microorganismes entériques pathogènes tels que *Salmonella* et *Norovirus* (MAPAQ, 2019).

VI Charge microbienne de *Staphylococcus* sp.

La charge microbienne de *Staphylococcus* sp. ($1,57\text{E}+02$ UFC/cm²) enregistrée pour les surfaces est largement supérieure à celle des carcasses ($1,39\text{E}+01$ UFC/cm²).

Ces microorganismes peuvent être d'origine endogène (germe commensal de la flore cutanée des animaux). Ils peuvent également avoir une origine exogène apportée par le principal site de contamination des mains qui est le bout des ongles chez l'homme. Ce dernier peut contaminer les carcasses au moment du dépeçage et surtout à chaque fois qu'il y a un contact direct entre l'homme et la carcasse (SALIFOU *et al.*, 2013). L'accrochage des carcasses contamine à leur tour les surfaces.

VII Charge microbienne de *Pseudomonas* spp.

Avec une moyenne de $8,57\text{E}+00$ UFC/cm² sur l'ensemble des échantillons analysés issus des carcasses, *Pseudomonas* représente la bactérie la moins isolée pour ce site. En revanche, ce microorganisme fait partie des charges les plus élevées qui ont été enregistrées au cours de cette étude pour les surfaces ($8,77\text{E}+00$ UFC/cm²).

Pseudomonas spp. fait partie des bactéries qu'on retrouve dans la chaîne d'abattage. Toutefois, ce sont les chambres froides qui constituent une source permanente de contamination des viandes (ANSES, 2008(B)) ; d'où la faible charge enregistrée pour les carcasses.

Il est également considéré comme étant un germe ubiquiste pouvant vivre dans des niches écologiques très diverses avec une multiplication parmi les plus rapides (ANSES, 2008(B) ; SALIFOU *et al.*, 2013) ; d'où la charge élevée observée pour les surfaces.

Conclusion et recommandations

Afin d'examiner la progression de la contamination de surface de la viande ovine et des outils d'abattage (crochets) par divers groupes de micro-organismes, une analyse microbiologique a été effectuée sur 21 échantillons provenant de 07 carcasses prélevées dans deux régions spécifiques (le flanc et le collier), ainsi que sur 07 crochets en contact avec ces carcasses. Cela a été réalisé après l'habillage, mais avant le ressuage des carcasses ovines à l'abattoir d'El-Harrach.

A l'issue de cette étude, il en ressort qu'excepté pour *Salmonella* sp., les échantillons testés sont contaminés par l'ensemble des microorganismes recherchés et dénombrés, à savoir la FAMT, les *Staphylococcus* sp., les entérobactéries, les coliformes thermotolérants, *E. coli* et *Pseudomonas* spp.

Les données recueillies montrent que le niveau moyen de contamination des surfaces ($4,73E+03$ UFC/cm²) dépasse celui des carcasses ($3,80E+01$ UFC/cm²). En outre, le flanc présente un taux de contamination supérieur à celui du collier ($4,46E+01$ UFC/cm² contre $3,14E+01$ UFC/cm²).

On remarque que la flore dominante est la flore aérobie mésophile totale ($1,13E+04$ UFC/cm²) suivie par les *Pseudomonas* spp ($4,43E+02$), les staphylocoques ($8,55E+01$), les entérobactéries ($6,31E+01$) et les coliformes thermotolérants ($5,98E+00$). De plus, *E. coli* a été identifié dans 80,95% des échantillons examinés, tandis que tous les échantillons n'ont montré aucune présence de *Salmonella* spp. ($n=0/42$; 0%).

Les résultats des critères d'hygiène des procédés révèlent que la qualité hygiénique des carcasses ovines et des surfaces est satisfaisante pour *Salmonella* spp. ($n=0/42$; 0%). Elle est satisfaisante pour la FAMT ($1,46E+23$ UFC/cm²) mais acceptable pour les entérobactéries ($1,20E+01$ UFC/cm²) des carcasses ovines. Concernant les surfaces, les résultats enregistrés sont non satisfaisants pour la FAMT ($2,25E+04$ UFC/cm²) et les entérobactéries (de $1,14E+02$ UFC/cm²). Cela est lié à l'existence de diverses sources de contamination des carcasses et des surfaces dans les abattoirs.

Nous mentionnons les points suivants :

- Le non-respect des normes d'hygiène, notamment l'attitude du personnel pendant la manipulation des carcasses,
- La contamination par d'autres éléments potentiels (air, eau, équipements et outils),
- Un nettoyage insuffisant et absence de désinfection insuffisants de l'équipement et des instruments utilisés.

Ces résultats peuvent néanmoins être améliorés, et ce en instaurant des mesures correctives adéquates.

En effet, on peut mettre en place des actions correctives simples pour prévenir la contamination des surfaces, améliorer la salubrité de la viande et, par voie de conséquence, sauvegarder la santé du consommateur.

Ces mesures se traduisent essentiellement par :

- L'application rigoureuse des bonnes pratiques d'hygiène (BPH),
- La mise en œuvre stricte des règles d'hygiène tout au long de la chaîne de production.
- Le nettoyage et désinfection réguliers des équipements et surfaces.
- L'entretien fréquent et efficace des zones de travail et des outils.
- La formation continue du personnel aux règles d'hygiène et de sécurité alimentaire.
- La sensibilisation et la formation régulière pour garantir le respect des normes sanitaires.
- Le contrôle systématique de la température et des conditions de stockage.
- Le maintien des conditions optimales pour limiter la prolifération microbienne.
- La mise en place de procédures de traçabilité et de suivi microbiologique.
- Le suivi rigoureux des produits et analyses régulières pour détecter toute contamination.
- L'utilisation d'équipements adaptés et en bon état.
- La garantie que les matériels utilisés sont conformes à normes sanitaires et fonctionnelles.
- La gestion efficace des déchets et des eaux usées.
- L'élimination appropriée des déchets pour éviter toute source de contamination.

Liste des références bibliographiques

- AFSSA, (2006).** Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à l'évaluation des critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Saisine n° 2005-SA-0352).
- AMEUR, S. (2017).** Essai comparatif entre la viande ovine locale et importée. Mémoire de master. Université de Tlemcen.
- ANDJONGO EFANDENE, G. C. (2006).** Étude de la contamination des surfaces dans les industries de transformation des produits de la pêche au Sénégal : Cas de la pirogue bleue (Thèse de doctorat vétérinaire, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, École Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires).
- ANONYME, (2020).** Laboratoire départemental d'analyses : Analyses bactériologiques alimentaires. Lozère. France. 5 pages.
- ANSES (2008a).** Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Avis de l'AFSSA relatif à l'évaluation de la pertinence des coliformes thermotolérants comme indicateurs d'hygiène des procédés. *Saisine n°2008-SA-0007*.
- BOUBAKER, M. (2010).** L'abattage rituel : Perspectives religieuses et scientifiques (pp. 169–175).
- BOUDOUKA, A., & GHIAT, K. (2017).** Étude de la contamination bactérienne des viandes réfrigérées par les *Pseudomonas* de la flore psychrotrophe. Mémoire de Master. Université de Constantine.
- BOURGEOIS, C. M., MESCLE, J.-F., & ZUCCA, J. (1996).** Microbiologie alimentaire : Aspects microbiologiques de la sécurité et de la qualité des aliments (Tome I, pp. 241–251). Éditions Lavoisier.
- BREF. 2005 : Document** de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les abattoirs.
- CARTIER, P ET MOEVI, M. 2007 :** Hygiène en boucherie et sécurité alimentaire.
- CARTIER, P., ET MOËVI, I. (2007).** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins (72 p.). Institut de l'Élevage.
- CARTIER, P., MOEVI, I. (2007) :** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros Paris. France. Interbev. 09-69.
- CHAPELIER, M. 2002 : Technologie** de la viande.
- CISSÉ, M.1996 :** Hygiène des viandes en Afrique de l'Ouest : Étude de la contamination microbienne des carcasses bovines.
- CIV, (2004) :** Centre d'Information des Viande : Les qualités organoleptiques de la viande. Base scientifique pour une bonne utilisation culinaire.

COMMISSION EUROPEENNE. (2005). Règlement (CE) n° 2073/2005 du 15 novembre 2005 relatif aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires (Journal officiel de l'Union européenne, L 338, pp. 1-26). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:02005R2073-20050315>

CRAPLET, C. (1966). La viande de bovins. Traité d'élevage moderne - De l'étable de l'éleveur à l'assiette du consommateur (Livre I, 486 p.). Vigot Frères Éditeurs.

CX/PR 19/51/12, (2019): Common definition of edible animal tissues for the establishment of maximum residue limits of pesticides and veterinary drugs for compounds with dual uses as pesticides and veterinary drugs for use by the codex committee on pesticide residues and the codex committee on residues of veterinary drugs in foods. **Codex Alimentarius février 2019. 11p.**

DENNAI, N., KHARRATI, B., & EL YACHIOUI, M. (2001). Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. Annales de Médecine Vétérinaire, 145, 270–274.

DIEYE, A. (2011) : Influence du repos pré-abattage sur la qualité des carcasses.

DJENIDI, R. (2017). Étude de la contamination superficielle des carcasses ovines à l'aide d'examen bactériologiques au niveau de l'abattoir de Bordj Bou Arreridj (Mémoire de Master, Université de Bordj Bou Arreridj). https://revue-agro.univ-setif.dz/documents-agri/Numero-12-2016/etude-contamination-Bordj-Bou-Arreridj.pdf*

EL HADEF EL OKKI, S., EL GROUD, R., KENANA, H., & QUESSY, S. (2005). Évaluation de la contamination superficielle des carcasses bovines et ovines provenant de l'abattoir municipal de Constantine en Algérie. The Canadian Veterinary Journal, 46(7), 638–640.

ENSERV/DGAL/OABA. (2014) : Guide de bonnes pratiques en abattoir. Paris : Ministère de l'Agriculture.

EUZEBY, J. P. (2007). Dictionnaire de bactériologie vétérinaire. [En ligne]. <http://www.bacterio.cict.fr> (Date de publication : 1998–2007).

FAO. (2004) : Bonnes pratiques d'hygiène à l'abattoir.

FAO. 2004(b) : Hygiène, habillage et manipulation des carcasses (pp. 9–14).

FAO/OMS. 1994 : Principes généraux d'hygiène des aliments (Codex Alimentarius).

FAO/OMS. 2004 : Code d'usages pour une bonne hygiène en abattoir.

FAO/OMS. 2006 : Bonnes pratiques pour la protection animale avant abattage.

FOSSE, J., PILET, M.-F., & LEROI, F. (2005). Viandes bovines : une analyse des dangers biologiques pour le consommateur appliqué à l'abattoir. Revue de Médecine Vétérinaire, 156(5), 270–278.

- FOURNAUD, J. (1982).** Types de germes rencontrés aux différents stades de la filière. In Hygiène et technologie de la viande fraîche (pp. 109–119). CNRS Éditions.
- FRAYSSE, J. ET DARRÉ, A. 1990 :** Techniques d'abattage et d'hygiène des viandes (pp. 43–44).
- FABRIQ.TECH. (2023, AOÛT).** Le diagramme Ishikawa en usine : définition, étapes, exemples. <https://fabriq.tech/2023/08/11/diagramme-ishikawa-resolution-de-problemes/>
- GHAFIR, Y., & DAUBE, G. (2007).** Contamination superficielle des carcasses ovines à l'abattoir. Revue Agroalimentaire, 12.
- GHAFIR, Y., & DAUBE, G. (2007).** Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. Annales de Médecine Vétérinaire, 151, 79–100.
- GROENSTEEN, F. 2013 :** Hygiène des viandes et sécurité sanitaire.
- GENESTET, C. (2014).** Dialogue entre *Pseudomonas aeruginosa* et les cellules de l'immunité innée – Rôle de la production de L-kynurénine par les bactéries.
- HACHICH, E. M., BARI, M. D., CHRIST, A. P. G., LAMPARELLI, C. C., RAMOS, S. S., & SATO, M. I. Z. (2012).** *Escherichia coli* as an Indicator of fécal contamination in freshwater : Comparison of methods for its detection. Journal of Water and Heath, 10(4), 524-534.
- HAMAD, B. (2009).** Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses camelines au niveau de l'abattoir d'El-Oued (Mémoire de Magister en médecine vétérinaire), pp. 29–30.
- IDELE et INTERBEV, (2023) :** RECUEIL DES CONNAISSANCES SUR LA QUALITÉ DES VIANDES BOVINES. Interbev : : Paris, 152p.
- INRA. 2009 :** Valeurs nutritionnelles des viandes. La composition nutritionnelle des viandes.
- JOUE, J. L. (1996).** La qualité microbiologique des aliments, maîtrise et critères (2e éd., pp. 342–352).
- MAPAQ, (2019).** Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytique en microbiologie alimentaire. 58 pages.
- MOCHO, J.-P. (2005).** Évaluation de l'hygiène sur une chaîne d'abattage ovin à l'aide d'examen bactériologiques de surface des carcasses (Thèse de doctorat, École Nationale Vétérinaire de Toulouse).
- MOËVI I, (2006) :** Le point sur la couleur de la viande bovine. Interdev : Paris, 113 p.
- MOUSSET, A. (2011).** Salmonelles : émergence de multi-résistantes. Process Alimentaire : Magazine de l'industrie agroalimentaire. Consulté le 22 février 2025 sur <http://www.processalimentaire.com/Qualite/Salmonelles-emergence-de-multi-resistantes-18701>

- OUMOKHTAR, B. KARIB, H. BOUCHRITI, N. ARABA, A. (1998).** Appréciation de la qualité bactériologique de la viande et des abats de taurillons fraîchement abattus dans les abattoirs de Rabat. Actes Inst. Agron. Veto (Maroc), 18 (3), 169-176.
- RAY, B. (2001).** Indicator of bactériale pathogène. In B. Ray (Ed.), Fundamental Food microbiologie (pp. 409–417). CRC Press.
- ROSSET, R., & LEBERT, P. (1982).** Nature des porteurs de germes. In Hygiène et technologie de la viande fraîche (pp. 105–106). CNRS Éditions.
- SADOUD, M., & HOCQUETTE, J.-F. (2019).** Les perceptions des consommateurs pour les produits carnés en Algérie. Viandes et Produits Carnés, 35(3-2).
- SALIFOU C.F.A, YOUSAO A.K.I, AHOUNOU G.S., TOUGAN P.U, FAROUGOU S., CLINQUART A., (2013) :** Critères d’appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. Ann MédVet. 157
- SALIFOU, C. F. A., BOKO, K. C., ATTAKPA, Y. E., AGOSSA, R., OGBANKOTAN, I., FAROUGOU, S., MENSAH, G. A., & SALIFOU, S. (2013b).** Évaluation de la qualité bactériologique de la viande fraîche de bovins abattus aux abattoirs de Cotonou-Porto-Novo au cours de la chaîne de distribution. Journal of Animal and Plant Sciences, 17(2), 2567–2579.
- SALIFOU, C. F. A., CHABI SIKAK, K., AHOUNOU, G. S., & ALKOIRET, I. T. 2012) :** Impact du stress sur la qualité de la viande. Revue Africaine de Santé et de Productions Animales, 10(1), 21–28.
- UNION EUROPÉENNE. 2005 :** Règlement (CE) n° 1/2005 du Conseil du 22 décembre 2004 relatif à la protection des animaux pendant le transport et les opérations annexes. Journal officiel de l’Union européenne, L 3, 1–44.
- SIONNEAU, O. (1993).** La contamination microbienne superficielle des carcasses des bovins : Origine, prévention et décontamination (Thèse de doctorat vétérinaire, Lyon), pp. 2–11.
- WADE, A. 1992 :** Effets de la stabulation pré-abattage sur la contamination bactérienne. Dakar.
- ZULIANI, V., & PASCAL, E. T. (2004).** Les germes pathogènes dans l’industrie agroalimentaire. Bulletin de Liaison du CTSCCV, 14(5), 23–29.

