



**République Algérienne démocratique et populaire**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**



**Université Ibn Khaldoun –Tiaret**

**Institut des sciences vétérinaires**

**Thèse**

**Présentée en vue de l'obtention du diplôme de doctorat en médecine vétérinaire**

**Thème**

**Qualité sanitaire de la viande rouge**

**Présenté par : OULD ALI Atika**

**Devant le jury composé de :**

| <b>Membres du jury</b>    | <b>Nom et Prénom</b>  | <b>Grade</b>            | <b>Université d'origine</b>                    |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Président</b>          | ABDELHADI Si Ameur    | Professeur              | Université de Tiaret                           |
| <b>Directeur de thèse</b> | AGGAD Hebib           | Professeur              | Université de Tiaret                           |
| <b>Examineur</b>          | AICHOUNI Ahmed        | Professeur              | Université de Tissemsilt                       |
| <b>Examineur</b>          | BACHENE Mohamed Sadek | Maitre de conférences A | Université de Médéa                            |
| <b>Examinatrice</b>       | GUESSOUM Meryem       | Maitre de conférences A | Ecole supérieure nationale vétérinaire d'Alger |
| <b>Examineur</b>          | DERRER Sofiane        | Maitre de conférences A | Université de Tiaret                           |

**Année universitaire : 2024-2025**

## *Remerciement*

*« Et dis : Ô mon Seigneur, accrois mes connaissances. »*

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمَ

*(Sourate Taha, verset 114)*

C'est avec une profonde gratitude envers Allah, Le Très-Haut, que je commence ces remerciements. Cette thèse, fruit de longues années de travail, de persévérance et de passion pour la médecine vétérinaire, n'aurait pu voir le jour sans le soutien de nombreuses personnes, auxquelles je rends ici hommage.

Je remercie tout d'abord mon directeur de thèse, Monsieur AGGAD Habib professeur à l'institut vétérinaire de la wilaya de Tiaret, pour son encadrement de qualité, sa patience, sa rigueur scientifique et ses conseils précieux qui ont guidé mes recherches et enrichi ma réflexion.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à l'ensemble des membres du jury : Monsieur ABDELHADI Si Ameur , professeur à l'institut vétérinaire de Tiaret, Monsieur AICHOUNI Ahmed professeur à l'université de Tissemsilt, Madame GUESSOUM Meryem maitre de conférence « A » à l'école nationale vétérinaire d'Alger , Monsieur BACHENE Mohamed Sadek maitre de conférence « A » à l'université « Yahya Fares » de Médéa et Monsieur DERRAR Sofiane maitre de conférence « A » à l'institut vétérinaire de Tiaret ; pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail, ainsi que pour leurs remarques constructives et enrichissantes.

Je remercie également les enseignants-chercheurs, techniciens de laboratoire, personnels administratifs, ainsi que les structures vétérinaires partenaires et les bouchers de la ville de Tiaret, pour leur collaboration, leur disponibilité et leur soutien tout au long de cette recherche.

Un grand merci à mes collègues et amis, pour leur bienveillance, leur aide et leurs encouragements constants.

## *Dédicace*

(رَبِّ اجْعَلْنِي مُقِيمَ الصَّلَاةِ وَمِنْ ذُرِّيَّتِي ۖ رَبَّنَا وَتَقَبَّلْ دُعَاءِ) (الآية 40 من سورة إبراهيم)

« Seigneur, fais de moi un fidèle accomplissant la prière, ainsi que de ma descendance. Ô notre Seigneur, exauce ma supplication. » (Sourate Ibrahim, verset 40)

Louange à Allah qui, par Sa grâce infinie, m'a donné la force et la persévérance pour accomplir ce travail.

Je dédie humblement cette thèse :

### **À mes guides disparus :**

- **Ma grand-mère**, ange gardien dont les sacrifices ont tracé ma route
- **Mon père bien-aimé**, dont la sagesse résonne encore en moi
- **Mon beau-père**, modèle de droiture et de générosité

Qu'Allah les accueille dans Son paradis et fasse vivre leur héritage à travers nous.

### **À mes piliers de lumière :**

- **Ma mère**, mon premier amour, dont les prières nocturnes ont porté mes pas
- **Mon époux**, compagnon patient et précieux, pierre angulaire de mon équilibre

### **À mes rayons de soleil :**

- **Mes enfants**, chefs-d'œuvre de ma vie, qui donnent un sens à chaque effort

### **À mes soutiens indéfectibles :**

- **Mon frère**, ma sœur, ma belle-sœur, mes neveux et mes nièces dont la présence bienveillante a été un cadeau au quotidien
- **Ma chère belle-famille "AKERMI"**, qui m'a accueillie avec tant de chaleur

Puisse Allah récompenser chacun au centuple, préserver nos liens dans Son amour, et nous réunir dans Son paradis où coulent les ruisseaux.

## *Résumé*

Une évaluation complète portant sur **80** échantillons de viande hachée prélevés dans les boucheries de **Tiaret** durant la période **(2018-2019)** ; (**40** en saison **froide**, **40** en saison **chaude**) révèle des contaminations microbiologiques préoccupantes. Les analyses ont mesuré des niveaux moyens significatifs en **log UFC/g** : **Dénombrement Aérobie sur Plaque (5,07)**, **Coliformes Totaux (4,98)**, **Coliformes Fécaux (3,79)**, ***Staphylococcus aureus* (3,40)**, **levures (3,67)** et **Anaérobies Sulfito-Réducteurs (1,59)**. Le résultat le plus alarmant concerne ***Salmonella***, détectée à **6,25 log UFC/g**.

Une augmentation marquée des contaminations a été observée durant la saison **chaude** pour les indicateurs clés, démontrant l'impact accélérateur des températures élevées sur la prolifération microbienne. La totalité des échantillons présentaient des niveaux de Coliformes Fécaux dépassant les limites réglementaires, indiquant des défaillances hygiéniques systémiques dans la filière d'approvisionnement.

Ces données mettent en évidence un risque sanitaire critique, particulièrement lié à ***Salmonella***. Trois axes d'intervention urgents s'imposent : 1) Renforcement strict de la chaîne du froid (maintien  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ ), 2) Mise en œuvre de protocoles d'hygiène renforcés depuis l'abattage jusqu'à la vente, 3) Instauration d'un monitoring microbiologique régulier ciblant spécifiquement ***Salmonella***. Cette situation exige une mobilisation coordonnée des autorités sanitaires, professionnels de la filière viande et distributeurs pour garantir la sécurité de cet aliment de base essentiel.

**Mots-clés** : viande hachée, bœuf, qualité, microbiologie, saison

## *Abstract*

An extensive study evaluating the microbiological quality of retail ground beef in **Tiaret (2018-2019)** was conducted through systematic analysis of eighty samples collected from local butcheries. To assess seasonal variations, the sampling strategy encompassed forty specimens obtained during colder months and forty during warmer periods, enabling rigorous comparison of contamination levels under different climatic conditions.

The comprehensive microbiological assessment targeted critical indicators and pathogens relevant to food safety: Total Aerobic Plate Count (**APC**) served as a general hygiene indicator; **Total Coliforms (TC)** and **Fecal Coliforms (FC)** monitored fecal contamination; **Sulfite-Reducing Anaerobes (SRC)** evaluated anaerobic spoilage risks; *Staphylococcus aureus* (**SA**) detection addressed enterotoxin production potential; yeast quantification indicated spoilage patterns; and *Salmonella* screening targeted this high-risk pathogen due to its severe public health implications.

Results expressed in **log CFU/g** revealed significant contamination: **APC (5.07)**, **TC (4.98)**, **FC (3.79)**, **SRC (1.59)**, **SA (3.40)**, **yeasts (3.67)**, and alarmingly, *Salmonella* at **6.25 log CFU/g**. A pronounced seasonal pattern showed consistently elevated microbial counts during warmer months for **APC**, **TC**, **FC**, and **yeasts**. This trend correlates directly with accelerated pathogen proliferation at elevated temperatures, underscoring the critical need for uncompromised temperature control throughout production, distribution, and retail stages.

The exceptionally high *Salmonella* contamination—exceeding international safety thresholds by orders of magnitude—represents an acute public health hazard. Combined with universal FC contamination (all samples exceeded limits), these findings indicate systemic deficiencies in hygiene practices. Urgent interventions are warranted, including reinforced cold chain management, enhanced sanitation protocols, and targeted microbial monitoring to mitigate risks associated with this dietary staple.

**Keywords:** minced meat. Beef, quality, microbiology, season

## الملخص

من اجل تقييم الجودة الميكروبيولوجية للحوم البقر المفرومة المباعة بالتجزئة في ولاية تيارت، تم أخذ ثمانين عينة بشكل عشوائي من محلات الجزارة، مع التركيز على التحليل المقارن بين فصلي الشتاء والصيف. أربعون (40) منها في الموسم البارد وأربعون (40) منها في الموسم الحار. شملت التحاليل الميكروبيولوجية العدد الإجمالي للبكتيريا الهوائية، البكتيريا الكلية و البرازية، اللاهوائيات المختزلة للكبريتيت، المكورات العنقودية الذهبية، الخميرة و السالمونيلا. أظهرت النتائج الميكروبيولوجية مستويات تلوث متفاوتة حسب المؤشرات التالية: 5.07 لوغاريتم وحدة تشكيل المستعمرة/غرام للعدد البكتيري العام، 4.98 للبكتيريا القولونية الكلية، 3.79 للبكتيريا القولونية البرازية، 3.40 للمكورات العنقودية الذهبية، 1.59 اللاهوائيات المختزلة للكبريتيت، 3.67 للخميرة و 6.25 لسالمونيلا.

كشفت الدراسة عن تباين واضح في مستويات التلوث الميكروبي بين الموسمين، حيث سجلت عينات الموسم الحار مستويات أعلى بشكلٍ مُعتَبَر في المؤشرات التالية مقارنةً بفصل البارد : البكتيريا القولونية الكلية، القولونية البرازية، السالمونيلا، والخمائر. و أظهرت جميع العينات دون استثناء تركيزات غير مطابقة للمواصفات من البكتيريا القولونية البرازية، مما يُشير إلى انتشار التلوث البرازي وينذر بخلل جوهري في الممارسات الصحية. تؤكد هذه النتائج على وجود مشكلات خطيرة في تطبيق معايير النظافة والصحة العامة عبر سلسلة توريد اللحوم، بدءاً من مراحل الذبح الأولية وحتى مراحل التوزيع النهائية. ويلاحظ أن الظروف المناخية الحارة تساهم بشكل واضح في تفاقم مشكلة التلوث الميكروبيولوجي، في ضوء هذه النتائج، تبرز الحاجة الملحة إلى

1-تعزيز الرقابة على محلات الجزارة ومراكز توزيع اللحوم

2-تحسين ظروف التخزين والحفظ خاصة في فصل الصيف

3-تكثيف التوعية الصحية للعاملين في قطاع اللحوم

4-تطبيق برامج مراقبة الجودة الدورية

6-تكثيف التوعية الصحية للعاملين في قطاع اللحوم

تقدم هذه الدراسة بيانات قيمة لصناع القرار والجهات الرقابية، كما تؤكد على أهمية مراعاة العامل الموسمي في تقييم مخاطر التلوث الميكروبيولوجي في المنتجات اللحمية.

الكلمات المفتاحية: اللحم المفروم، لحم البقر، الجودة الميكروبيولوجية، التلوث البكتيري، العوامل الموسمية، السلامة الغذائية

# Table des matières

## Table des matières

|                                          |                                                                        |    |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| Liste des abréviations                   |                                                                        |    |
| Liste des figures                        |                                                                        |    |
| Liste des tableaux                       |                                                                        |    |
| Introduction                             |                                                                        |    |
| <b>Chapitre I : filière viande rouge</b> |                                                                        |    |
| 1-                                       | Définition de la viande                                                | 1  |
| 2-                                       | Importance hygiénique de la viande                                     | 1  |
| 3-                                       | Valeur hygiénique de la viande                                         | 2  |
| 4-                                       | Différentes étapes de la transformation des muscles en viande          | 2  |
| 4.1-                                     | Le transport des animaux                                               | 2  |
| 4.2-                                     | La stabulation                                                         | 3  |
| 4.3-                                     | L'inspection sanitaire <i>ante-mortem</i>                              | 3  |
| 4.4-                                     | L'abattage                                                             | 3  |
| 4.5-                                     | La saignée                                                             | 3  |
| 4.6-                                     | L'habillage                                                            | 3  |
| 4.6.1-                                   | La dépouille                                                           | 3  |
| 4.6.2-                                   | L'éviscération                                                         | 4  |
| 4.6.3-                                   | La fente                                                               | 4  |
| 4.6.4-                                   | Le douchage                                                            | 4  |
| 4.7-                                     | Inspection sanitaire de salubrité <i>post-mortem</i> avec estampillage | 4  |
| 4.8-                                     | Pesage                                                                 | 4  |
| 4.9-                                     | Ressuage                                                               | 5  |
| 4.10-                                    | Transport des carcasses                                                | 5  |
| 5-                                       | La transformation des muscles en viande                                | 6  |
| 5.1-                                     | Rappel sur la structure histologique du muscle strié squelettique      | 6  |
| 5.1.1-                                   | La cellule musculaire striée squelettique ou <i>Rhabdomyocyte</i>      | 7  |
| 5.1.1.1-                                 | Les myofibrilles                                                       | 8  |
| 5.1.2-                                   | Tissu conjonctif du muscle squelettique                                | 10 |
| 5.2-                                     | Evolution de la viande <i>post-mortem</i>                              | 12 |
| 5.2.1                                    | L'état pantelant ou état de la respiration sifflante                   | 12 |
| 5.2.2                                    | L'état de <i>Rigor Mortis</i> : phase de la rigidité cadavérique       | 14 |

## *Table des matières*

|                                                                   |                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----|
| 5.2.3                                                             | L'état rassis : phase de maturation               | 15 |
| <b>Chapitre II : qualité de la viande rouge</b>                   |                                                   |    |
| 1-                                                                | Concept de qualité en relation avec les viandes   | 20 |
| 2-                                                                | Qualité organoleptique                            | 22 |
| 2.1                                                               | La couleur                                        | 22 |
| 2.1.1-                                                            | Les bases structurales de la couleur              | 22 |
| 2.1.1.1-                                                          | Facteurs influençant la couleur de la viande      | 26 |
| 2.2-                                                              | La flaveur                                        | 26 |
| 2.3-                                                              | La tendreté                                       | 28 |
| 2.4-                                                              | La jutosité                                       | 29 |
| 3-                                                                | Qualité nutritionnelle et diététique              | 30 |
| 3.1-                                                              | Apport en protéines                               | 31 |
| 3.2-                                                              | Apport en lipides                                 | 32 |
| 3.3-                                                              | Apport en glucides                                | 33 |
| 3.4-                                                              | Apport en micronutriments (minéraux et vitamines) | 33 |
| 3.4.1-                                                            | Le fer                                            | 33 |
| 3.4.2-                                                            | Sélénium                                          | 34 |
| 3.4.3-                                                            | Phosphore                                         | 34 |
| 3.4.4-                                                            | Le zinc                                           | 34 |
| 3.5-                                                              | Apports en vitamines                              | 34 |
| 3.5.1-                                                            | Vitamines du groupe B                             | 34 |
| 4-                                                                | Qualité technologique                             | 36 |
| 4.1-                                                              | Le Ph                                             | 36 |
| 4.2-                                                              | Le pouvoir de rétention d'eau                     | 36 |
| 5-                                                                | Qualité hygiénique et sanitaire                   | 37 |
| 5.1-                                                              | Contamination ante-mortem                         | 37 |
| 5.2-                                                              | Contamination post-mortem                         | 38 |
| <b>Chapitre III : qualité microbiologique de la viande hachée</b> |                                                   |    |
| 1-                                                                | Définition de la viande hachée                    | 39 |
| 2-                                                                | Opération de hachage des viandes                  | 39 |
| 2.1-                                                              | Désossage                                         | 39 |
| 2.2-                                                              | Séparation des morceaux                           | 40 |

## *Table des matières*

|          |                                                                        |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3-     | Parage                                                                 | 40 |
| 2.4-     | Dégraissage                                                            | 40 |
| 2.5-     | Epluchage                                                              | 40 |
| 2.6-     | Hachage                                                                | 40 |
| 3-       | Les types de viande hachée                                             | 40 |
| 3.1-     | Les viandes hachées à la demande                                       | 40 |
| 3.2-     | Les viandes hachées à l'avance                                         | 41 |
| 4-       | La qualité microbiologique de la viande                                | 41 |
| 4.1-     | Principaux germes contaminant la viande et la viande hachée            | 41 |
| 4.1.1-   | Les germes saprophytes ou indicateurs d'hygiène                        | 41 |
| 4.1.1.1- | Les germes totaux ou flore aérobie mésophile totale                    | 41 |
| 4.1.1.2- | Les coliformes totaux                                                  | 42 |
| 4.1.1.3- | Levures                                                                | 43 |
| 4.1.1.4- | Moisissures                                                            | 44 |
| 4.2-     | Flore pathogène                                                        | 46 |
| 4.2.1-   | Principaux microorganismes pathogènes                                  | 46 |
| 4.2.2-   | Le pouvoir pathogène                                                   | 47 |
| 4.2.2.1- | <i>Escherichia coli</i>                                                | 47 |
| 4.2.2.2- | <i>Salmonella spp</i>                                                  | 47 |
| 4.2.2.3- | <i>Staphylococcus aureus</i>                                           | 47 |
| 4.2.2.4- | <i>Clostridium sulfito-réducteur</i>                                   | 48 |
| 4.2.2.5- | <i>Listéria monocytogene</i>                                           | 48 |
| 5-       | L'évolution microbiologique sur les viandes hachées                    | 48 |
| 5.1-     | Potentiel d'hydrogène (pH)                                             | 48 |
| 5.2-     | Tension d'oxygène                                                      | 48 |
| 5.3-     | Nutriments                                                             | 48 |
| 5.4-     | L'activité de l'eau                                                    | 49 |
| 5.5-     | Température                                                            | 49 |
| 6-       | Maladies pouvant être associées à la contamination de la viande hachée | 49 |
| 6.1-     | Toxi-infection alimentaire collectives (TIAC)                          | 49 |
| 6.2-     | Intoxication alimentaires                                              | 50 |
| 6.3-     | Intoxinations alimentaires                                             | 50 |

## *Table des matières*

|                             |                                                                          |    |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3.1-                      | Salmonelloses                                                            | 50 |
| 6.3.2-                      | Campylobactériose                                                        | 50 |
| 6.3.3-                      | Maladie due à <i>staphylococcus aureus</i>                               | 51 |
| <b>Partie expérimentale</b> |                                                                          |    |
| 1-                          | L'objectif de l'étude                                                    | 53 |
| 2-                          | Matériel et méthode                                                      | 54 |
| 2.1-                        | Matériel                                                                 | 54 |
| 2.1.1-                      | Matériel biologique                                                      | 54 |
| 2.1.1.1-                    | Echantillonnage                                                          | 54 |
| 2.1.2-                      | Matériel non biologique                                                  | 55 |
| 2.1.3-                      | Références normatives                                                    | 55 |
| 2.2-                        | Méthodes                                                                 | 56 |
| 2.2.1-                      | Méthodes d'analyse et bactéries recherchées dans les viandes hachées     | 56 |
| 2.2.1.1                     | Préparation de la suspension mère $10^{-1}$                              | 56 |
| 2.2.1.2-                    | Préparation des dilutions                                                | 56 |
| 2.2.1.3                     | Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FAMT)    | 57 |
| 2.2.1.4-                    | Recherche et dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux | 59 |
| 2.2.1.4.1-                  | Dénombrement des coliformes tolérants (CT)                               | 59 |
| 2.2.1.4.2-                  | Dénombrement des coliformes fécaux (CF)                                  | 59 |
| 2.2.1.5                     | Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteur (CSR)        | 60 |
| 2.2.1.6-                    | Recherche et dénombrement des staphylocoques aureus                      | 61 |
| 2.2.1.7-                    | Recherche et dénombrement des moisissures et des levures                 | 63 |
| 2.2.1.8-                    | Recherche et dénombrement des <b>Salmonella</b>                          | 64 |
| 2.3-                        | Méthode d'analyse statistique                                            | 65 |
| 2.4-                        | Résultats et discussion                                                  | 67 |
| 2.4.1-                      | Résultats                                                                | 67 |
| 2.4.1.1-                    | Qualité microbiologique globale de la viande hachée                      | 68 |
| 2.4.1.2-                    | La flore mésophile aéroophile totale (FMAT)                              | 71 |
| 2.4.1.3-                    | Les coliformes totaux                                                    | 72 |
| 2.4.1.4-                    | Flore des coliformes fécaux                                              | 73 |

## *Table des matières*

---

|          |                                      |     |
|----------|--------------------------------------|-----|
| 2.4.1.5- | Clostridium sulfito-réducteurs (CSR) | 74  |
| 2.4.1.6- | Les staphylocoques aureus            | 75  |
| 2.4.1.7- | Levures et moisissures               | 76  |
| 2.4.1.8- | La détection des <i>Salmonella</i>   | 77  |
| 2.4.2-   | Discussion des résultats             | 79  |
| 2.5-     | Recommandations                      | 91  |
|          | Conclusion                           | 95  |
|          | Références bibliographique           | 98  |
|          | Annexe                               | 112 |

## *Liste des abréviations*

---

### *Liste des abréviations*

| <b>Abréviations</b> | <b>Significations</b>                                                                      |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ADP</b>          | Adénosine di phosphate                                                                     |
| <b>AGMI</b>         | Acide gras mono-insaturé                                                                   |
| <b>AGS</b>          | Acide gras saturé                                                                          |
| <b>AGPI</b>         | Acide gras polyinsaturé                                                                    |
| <b>AJR</b>          | Apport Journalier Recommandé                                                               |
| <b>ANSES</b>        | Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail |
| <b>ATP</b>          | Adénosine triphosphate                                                                     |
| <b>BPH</b>          | Bonne Pratique d'Hygiène                                                                   |
| <b>CF</b>           | Coliforme fécaux                                                                           |
| <b>CT</b>           | Coliforme totaux                                                                           |
| <b>CIRC</b>         | Centre international de recherche sur le cancer                                            |
| <b>CIV</b>          | Centre d'information en viande                                                             |
| <b>CSR</b>          | Clostridium Sulfito-Réducteurs                                                             |
| <b>CSS</b>          | Conseil Supérieur de la Santé                                                              |
| <b>EFSA</b>         | European Food Safety Authority                                                             |
| <b>EHEC</b>         | Escherichia Coli Entéro-Hémorragique                                                       |
| <b>EPT</b>          | Eau Peptonnée Tamponnée                                                                    |
| <b>FAO</b>          | Food and Agriculture Organization                                                          |
| <b>FMAT</b>         | Flore Mésophile Aérobie Totale                                                             |
| <b>FSIS-USDA</b>    | Food Safety and Inspection Service-United States Department of Agriculture                 |

## *Liste des abréviations*

---

|              |                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------|
| <b>HACCP</b> | Hazard Analysis Critical Control Point             |
| <b>ISO</b>   | International Organization for Standardization     |
| <b>JORA</b>  | Journal Officiel de la République Algérienne       |
| <b>MRSA</b>  | Methicillin Resistant <i>Staphylococcus aureus</i> |
| <b>NPA</b>   | Numération sur plaque aérobie                      |
| <b>OIE</b>   | Office International des Epizooties                |
| <b>OMS</b>   | Organisation Mondiale de la Santé                  |
| <b>PCR</b>   | Réaction de Polymérase en Chaîne                   |
| <b>Pi</b>    | Phosphore inorganique                              |
| <b>pH</b>    | Potentiel d'hydrogène                              |
| <b>PCA</b>   | Plate Count Agar                                   |
| <b>TIAC</b>  | Toxi-Infection alimentaire collectives             |
| <b>UFC</b>   | Unité formant colonie                              |
| <b>VRBL</b>  | Violet Red Bile Lactose                            |

## *Liste des figures*

---

### *Liste des figures*

| N°            | Titres des figures                                                                                                                            | Pages     |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Fig 1</b>  | Chemin de la viande de l'éleveur au consommateur                                                                                              | <b>2</b>  |
| <b>Fig 2</b>  | Schématisation de la préparation de viandes à partir des bovins                                                                               | <b>6</b>  |
| <b>Fig 3</b>  | La structure du muscle                                                                                                                        | <b>7</b>  |
| <b>Fig 4</b>  | La structure de la cellule musculaire striée squelettique                                                                                     | <b>8</b>  |
| <b>Fig 5</b>  | Muscle strié au microscope électronique                                                                                                       | <b>9</b>  |
| <b>Fig 6</b>  | Structure du muscle strié squelettique au microscope électronique                                                                             | <b>10</b> |
| <b>Fig 7</b>  | Observation d'une portion d'une fibre musculaire striée squelettique en coupe longitudinale montrant la double striation due aux myofibrilles | <b>10</b> |
| <b>Fig 8</b>  | Coupe transversale d'un tissu musculaire strié squelettique entouré par le tissu conjonctif                                                   | <b>11</b> |
| <b>Fig 9</b>  | Tissu conjonctif associé au tissu musculaire strié squelettique                                                                               | <b>12</b> |
| <b>Fig 10</b> | Schéma récapitulant les différentes étapes de la rigidité cadavérique                                                                         | <b>15</b> |
| <b>Fig 11</b> | Etapes de transformation de viande en muscle                                                                                                  | <b>16</b> |
| <b>Fig 12</b> | Qualité de la viande                                                                                                                          | <b>21</b> |
| <b>Fig 13</b> | Schéma des liens entre caractéristiques du muscle et la qualité de la viande                                                                  | <b>21</b> |
| <b>Fig 14</b> | Evolution du pH musculaire après l'abattage et couleur de viande                                                                              | <b>23</b> |
| <b>Fig 15</b> | Processus de développement de la flaveur                                                                                                      | <b>28</b> |
| <b>Fig 16</b> | Les étapes de la préparation des dilutions décimales                                                                                          | <b>57</b> |
| <b>Fig 17</b> | Dénombrement de la flore mésophile totale                                                                                                     | <b>58</b> |
| <b>Fig 18</b> | Dénombrement des germes coliformes fécaux (CF)                                                                                                | <b>60</b> |

## *Liste des figures*

---

|               |                                                                             |           |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Fig 19</b> | Les différentes étapes du dénombrement des clostridiiums sulfito-réducteurs | <b>61</b> |
| <b>Fig 20</b> | Dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>                               | <b>63</b> |
| <b>Fig 21</b> | Les différentes étapes du dénombrement de <i>Salmonella</i>                 | <b>65</b> |

## *Liste des Tableaux*

---

### *Liste des tableaux*

| Numéro            | Titre des tableaux                                                    | pages |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tableau 1</b>  | Cinétique du processus de la transformation en viande                 | 13    |
| <b>Tableau 2</b>  | Impact des facteurs nutritionnels sur les qualités de la viande       | 17    |
| <b>Tableau 3</b>  | La composition chimique de la viande                                  | 30    |
| <b>Tableau 4</b>  | Teneur en acide aminé essentiel des viandes en g pour 100 g de viande | 31    |
| <b>Tableau 5</b>  | Répartition des acides gras (en %) dans la viande bovine              | 32    |
| <b>Tableau 6</b>  | Intérêt nutritionnel de la viande de gros bovin                       | 35    |
| <b>Tableau 7</b>  | Les coliformes totaux                                                 | 43    |
| <b>Tableau 8</b>  | Les principaux microorganismes pathogènes                             | 46    |
| <b>Tableau 9</b>  | Evaluation bactérienne globale de la viande hachée                    | 68    |
| <b>Tableau 10</b> | Charges-en (FMAT) (log UFC/g) selon la saison                         | 71    |
| <b>Tableau 11</b> | Charge microbienne en coliformes totaux (log UFC/g)                   | 72    |
| <b>Tableau 12</b> | Flore de coliformes fécaux (F.C) en log UFC/g par saison              | 73    |
| <b>Tableau 13</b> | La charge en CSR (log UFC/g)                                          | 74    |
| <b>Tableau 14</b> | La charge en Staphylocoques aureus (log UFC/g)                        | 75    |
| <b>Tableau 15</b> | La charge en levures et les moisissures (log UFC/g)                   | 76    |
| <b>Tableau 16</b> | Charge en <i>Salmonella</i> (%)                                       | 77    |

# *Introduction*

### *Introduction*

La viande, substrat nutritionnel complexe et historiquement ancré dans les pratiques alimentaires humaines, présente une dualité intrinsèque entre sa valeur nutritive exceptionnelle et sa vulnérabilité microbiologique. Les travaux fondateurs d'**Oumokhtar et collaborateurs (1998)** ont systématiquement démontré sa richesse en protéines hautement biodisponibles (**17-23g/100g**) et en acides aminés essentiels, confirmée ultérieurement par les rapports du **CIV** et de **l'INRA (2009)**. Cette matrice alimentaire constitue cependant un écosystème particulièrement favorable au développement microbien, comme l'ont établi **Rao et son équipe (2009)** à travers l'étude de l'activité de l'eau ( **$a_w \approx 0.99$** ) et des paramètres physico-chimiques du tissu musculaire. La présence abondante de nutriments facilement assimilables, déjà observée par **Magnus (1981)**, crée des conditions optimales pour la prolifération bactérienne, phénomène exacerbé par la structure tridimensionnelle complexe du muscle offrant des niches écologiques variées.

Les mécanismes de contamination, documentés dès les années **1980** par **Youssef et collaborateurs**, suivent des voies multifactorielles tout au long de la chaîne de production. Chaque étape opératoire - de la saignée à la réfrigération - représente un point critique potentiel, avec un risque accru lors des opérations de hachage comme l'ont quantifié **Fantelli et Stephan (2001)**. Les recherches fondamentales de **Rombouts et Nout (1994)** ont particulièrement éclairé le rôle des biofilms sur les surfaces en contact dans la dissémination des contaminants. Parmi les microorganismes pathogènes, les souches **STEC** d'*Escherichia coli* et les salmonelles, dont **Shapiro (1999)** a décrypté les mécanismes d'adaptation, posent des défis sanitaires majeurs, compliqués par l'émergence de résistances aux antimicrobiens documentée par **De Buyser et collaborateurs (2001)**.

L'analyse épidémiologique révèle des disparités géographiques marquées. En **Algérie**, les données officielles font état de **10 000** cas déclarés en **2017**, avec une prédominance des toxi-infections lors d'événements festifs (**40%**) et en restauration collective (**60%**), reflétant des lacunes dans les pratiques d'hygiène et les systèmes de contrôle. La situation marocaine, documentée par **Cohen et son équipe (2000-2004)**, montre une prévalence similaire des étiologies bactériennes (**86% des 7118 cas recensés**), tout en mettant en lumière les variations dans les capacités de surveillance entre pays. Ces différences s'inscrivent dans le cadre plus large identifié par **Käferstein et collaborateurs (1997)**, qui ont mis en évidence

## *Introduction*

---

l'écart entre pays industrialisés et en développement en matière de sécurité sanitaire des aliments.

Face à ces enjeux, notre approche scientifique intègre une analyse systémique des risques, en particulier durant la phase critique du transport, souvent négligée dans la littérature. Cette recherche s'inscrit dans la continuité des travaux pionniers de **Forest et collaborateurs (1985)** sur les conditions de conservation, tout en incorporant les avancées récentes en traçabilité et gestion des risques. La méthodologie employée combine des techniques microbiologiques classiques avec des outils d'analyse prédictive, permettant une évaluation holistique des dangers microbiologiques associés à la filière viande.

Les implications de cette étude dépassent le cadre académique pour offrir des applications concrètes aux acteurs de terrain et aux décideurs politiques. Les recommandations qui en découlent visent à optimiser les protocoles de manipulation, à améliorer les systèmes de surveillance et à guider les investissements dans les infrastructures de contrôle. Cette démarche s'avère particulièrement pertinente dans le contexte nord-africain où, comme le démontrent les données algériennes et marocaines, les toxi-infections alimentaires restent un problème de santé publique majeur, nécessitant des solutions adaptées aux réalités socio-économiques locales.

La viande, par sa place centrale dans l'alimentation et sa complexité microbiologique, continuera de représenter un champ de recherche fertile. Les avancées dans la compréhension des interactions hôte-microorganisme-aliment, couplées aux innovations technologiques en matière de conservation et de traçabilité, ouvrent des perspectives prometteuses pour concilier valeur nutritionnelle et sécurité sanitaire. Cette étude contribue à cet effort collectif en apportant des données nouvelles sur un maillon critique - le transport - et en proposant des solutions pragmatiques pour réduire l'incidence des toxi-infections alimentaires dans les pays en développement, où, comme le montrent les chiffres, le fardeau sanitaire reste particulièrement élevé.

*Partie*

*bibliographique*

# *Chapitre I*

## *Filière viande rouge*

## *Chapitre I : filière viande rouge*

### **1- Définition de la viande**

La « viande » signifiait plutôt « nourriture », vivenda signifiant en latin « ce qui sert à la Vie » ; la viande en tant que « chair animale » était désignée par un mot de la même famille, la carne (**Nicot T, 1606**).

On appelle « viande » la chair des animaux dont on a coutume de se nourrir, incluant la chair des mammifères, des oiseaux et quelque fois des poissons (**Staron, 1979**).

*La viande rouge fait référence à l'ensemble des muscles striés recouvrant le squelette osseux des mammifères comme le bœuf, le veau, le porc, l'agneau, le mouton, le cheval et la chèvre », donc le terme viande signifie muscle strié squelettique.* Explique le Centre international de recherche sur le cancer (**CIRC, 2015**).

### **2-Importance nutritive de la viande**

La viande représente un aliment d'une haute valeur nutritive, nécessaire dès le plus jeune âge et indispensable à ceux qui se livrent à des travaux de force comme à ceux l'état général laisse supposer quelques déficiences. C'est une source d'énergie dont le potentiel calorique dépend énormément de sa teneur en graisse. Une bonne source de fer et de phosphore dont l'utilisation de l'homme est satisfaisante. il n'y a que le calcium dont la viande soit nettement déficitaire (**Poelma, P.L, 1984**).

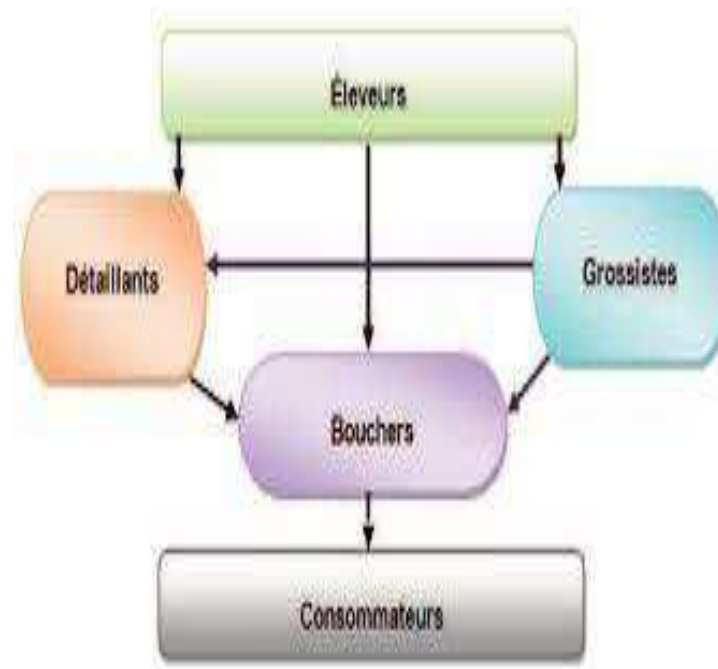
La viande est un aliment qui se distingue par la qualité de ses protéines, tant pour leur **profil en acides aminés indispensables** (car ils ne peuvent être synthétisés par notre organisme) que pour leur **digestibilité**. La viande rouge présente une composition en acides aminés essentiels dans des proportions intéressantes pour la nutrition humaine. **100 g de viande maigre apportent 20 à 25 g de protéines**. L'apport journalier recommandé pour un adulte est de 0,83 g de protéine par kg de poids corporel / jour. L'apport journalier recommandé est donc de 62 g de protéines pour un homme de 75 kg et de 50 g pour une femme de 60 kg. 100 g de viande rouge maigre permettent donc d'apporter entre un tiers et une moitié des besoins en protéines d'un adulte (**CSS, 2016**).

### 3-Valeur hygiénique de la viande

La qualité de la viande est certes fonction de sa valeur nutritive, laquelle se trouve en particulier sous la dépendance de facteurs que l'on peut doser avec plus ou moins d'exactitude mais aussi de l'état hygiénique de cette viande à sa sortie de l'abattoir.

### 4- différentes étapes de transformation des muscles en viande :

Il se produit beaucoup de modifications entre l'abattage et la consommation qui permet la transformation du muscle en viande. Il s'agit en fait d'une suite de mécanismes qui s'enchainent en affectant différents composants chimiques du muscle ainsi que ses propriétés physiques (Fredot E, 2005).



**Figure 1 : chemin de la viande de l'éleveur au consommateur (Salmi et al, 2016).**

#### 4.1-le transport des animaux

La fatigue et le stress des animaux se répercutent sur la qualité de la viande. En effet, plus les animaux seront stressés et fatigués et plus la viande sera de mauvaise qualité. Par conséquent, on essaie de limiter ces facteurs en ayant des temps de transport les plus courts possibles (Fredot E, 2005).

#### **4.2-La stabulation**

C'est la mise en attente des animaux avant l'abattage. Ces conditions ont aussi été améliorées afin de corriger en partie les effets du stress de groupe souvent constaté lors de cette étape. De plus, les animaux sont soumis à une diète hydrique de manière limiter la production de matière fécales, souvent très volumineuses, qui pourraient être responsable d'une contamination post mortem **(Fredot E, 2005)**.

#### **4.3-L'inspection sanitaire *ante-mortem***

On contrôle l'état de santé et l'hygiène générale des animaux qui doit être irréprochable. C'est un examen sanitaire qui permet d'éliminer de la chaîne d'abattage les animaux atteints de maladies ou de lésions ou présentant des signes pathologiques d'une maladie, aussi de protéger les manipulateurs **(Frayse et Darre, 1990)**.

#### **4.4- L'abattage**

Il doit se faire dans les meilleures conditions d'hygiène et les moins traumatisantes pour les animaux. Ce processus se déroule selon la Charia islamique et se pratique dans un endroit propre par une incision profonde et rapide avec un couteau effilé sur la gorge, de façon à couper les veines jugulaires et les artères carotides bilatéralement et rapidement.

#### **4.5- La saignée :**

50% au plus du sang de la viande est éliminée ce qui limite la croissance bactérienne. Après l'abattage, l'arrêt de la circulation sanguine et la saignée privent donc les tissus musculaires d'oxygène ce qui modifie le métabolisme cellulaire.

#### **4.6- L'habillage**

L'habillage est ensemble d'opérations permettant de séparer la carcasse et les éléments du cinquième quartier. il comprend quatre opérations ;

##### **4.6.1-La dépouille (élimination de la peau)**

Elle a pour but l'enlèvement du cuir des animaux dans les meilleures conditions pour une bonne présentation et une bonne conservation des carcasses. Ainsi que la récupération de la peau dans des conditions favorables à la préservation de sa qualité. C'est une phase critique

pour la contamination de la carcasse à partir du cuir, donc elle doit être faite de façon très rigoureuse et rapide (**Frayse et Darre, 1990**)

#### **4.6.2- L'éviscération :**

L'éviscération est l'ablation des viscères thoraciques et abdominaux. Par son impact hygiénique, l'éviscération est, avec la dépouille, un des temps majeurs de la technologie des chaînes d'abattage. Elle se fait sur animaux suspendus. Le travail repose, à l'heure actuelle, sur l'habileté des ouvriers, car il faut couper les liens entre viscères et carcasses tout en évitant d'inciser les sacs digestifs ou les intestins. Tous les viscères doivent être clairement identifiés avec les carcasses correspondantes jusqu'à ce que l'inspection sanitaire ait lieu (**FAO, 1994**).

#### **4.6.3- la fente**

On découpe l'animal en deux parties symétriques ;

#### **4.6.4- le douchage**

Après la fente, les carcasses subissent une inspection de salubrité, un douchage permettant d'éliminer les souillures des carcasses (sang, lait, lorsque la femelle est lactante, contenu du tube digestif, sciure d'os, poils est divers, autres débris), et de réduire l'évaporation lors du ressuage. Le douchage terminal des carcasses et abats peut être bénéfique à plusieurs conditions :

#### **4.7-Inspection sanitaire de salubrité *post mortem* avec estampillage :**

C'est la phase finale de l'examen de la carcasse, des abats et des issues. C'est l'inspection de la viande, le vétérinaire examine minutieusement chaque organe, pratique les incisions réglementaires, parfois même il peut faire une consigne de la carcasse suspecte pendant 1 à 3 jours pour suivre l'évolution certaines lésions (**Frayse et Darre, 1990**)

Le vétérinaire doit éliminer toute viande dont la manipulation ou l'ingestion constitue un danger , donc il y' aura saisie de cette viande ; la saisie peut être partielle comme elle peut être totale (**Frayse et Darre, 1990**).

#### **4.8- Pesage**

Les carcasses sont pesées à chaud, chez les bovins et les ovins une réduction de 2% est appliquée pour obtenir son poids commercial. Le rendement (%) est le rapport entre le poids de la carcasse et le poids de l'animal avant l'abattage ( $PC/PV \times 100$ ) (**Frayse et Darre, 1990**).

#### **4.9- Ressuage**

C'est la phase de refroidissement de la carcasse ; c'est un compromis pour l'obtention d'une viande de bonne qualité alimentaire. Pour avoir une viande de qualité, il faut que la *rigor mortis* ait lieu avant réfrigération (**Fraysse et Darre, 1990**).

Il faut aussi que la carcasse soit amenée rapidement à basse température pour éviter la prolifération bactérienne. Le refroidissement des carcasses et des abats est nécessaire parce que la carcasse est à une température voisine de 38°C à 40°C en fin d'abattage et que la conservation des carcasses en réfrigération doit se faire aux environs de 0 à 2°C (figure 04). Le refroidissement dans sa première phase correspond à ce qu'on appelle le ressuage (**Lemaire, 1982**).

#### **4.10- Transport des carcasses**

Entre l'abattoir et le marché, un moyen de transport adéquat est nécessaire. L'opération de transport des carcasses est, elle aussi, très influente sur les possibilités de conservation des viandes selon le circuit commercial.

Le véhicule qui sert au transport des parties de la viande et des carcasses doit être considéré comme prolongement de l'entrepôt frigorifique et la viande transportée par camion doit être suspendue (**FAO, 1994**).

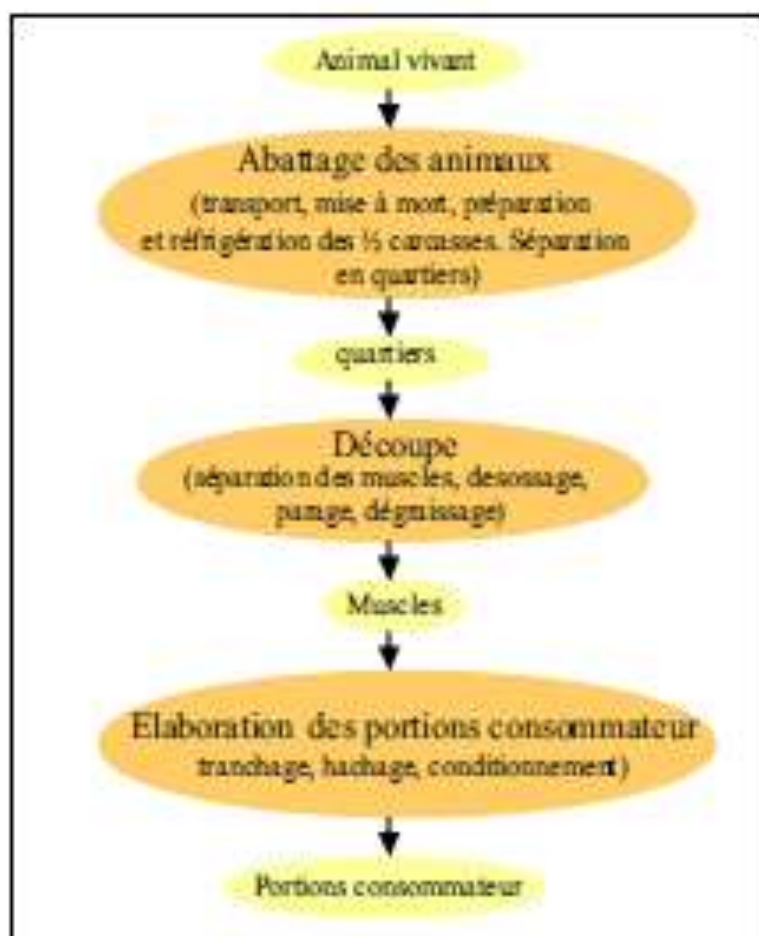


Figure 2 : Schématisation de la préparation de viandes à partir des bovins (Cartier et Moevi, 2007)

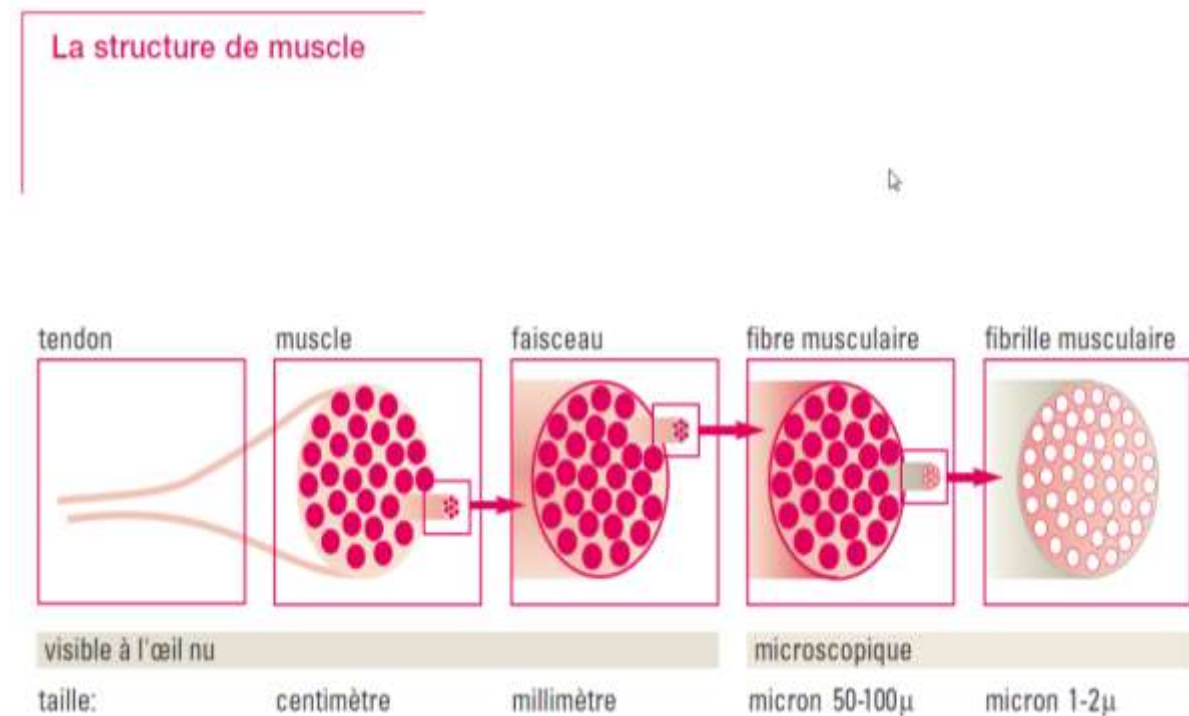
## 5- La transformation du muscle en viande

La transformation des muscles en viandes est l'ensemble des processus biologiques et physicochimiques entraînant, après l'abattage, une modification des qualités organoleptiques et technologiques du muscle et permettent sa transformation en viande. L'intérêt de l'étude du processus de transformation a une importance sanitaire, en reconnaissant les évolutions anormales (viande surmenée, viande fiévreuse...) et les différentes phases de l'évolution de la viande (caractéristiques histologiques et caractéristiques physico-chimiques).

### 5.1- Rappels sur la structure histologique du muscle strié squelettique (viande rouge)

Le muscle est une structure anatomique faite de cellules spécialisées regroupées en faisceaux. En physiologie, il s'agit de loges, capables de contractions et de décontractions et génératrices de mouvements (Benaissa A, 2016).

Il représente 30 à 35% du poids du corps d'un animal vivant. C'est le tissu noble des animaux domestiques élevés pour la production de viande. Il se rencontre dans les muscles de l'appareil locomoteurs, mais on en trouve également dans la langue, le pharynx, l'œsophage et le larynx. Il est le principal constituant de la carcasse des animaux de boucherie. L'unité de base du tissu musculaire est la fibre musculaire, capables de se contracter et donc de transformer l'énergie des nutriments en force motrice (**Renate L-R, 2008**).



**Figure 3 : la structure du muscle (jean-Marc Heutschi et james Egan, 2008)**

### 5.1.1- La cellule musculaire striée squelettique ou (Rhabdomyocyte)

Ce sont des formations cylindriques allongées renfermant de nombreux noyaux. Ces derniers sont allongés sous la membrane cellulaire. Une seule cellule peut mesurer plusieurs centimètres. Son diamètre varie, selon le type de fibre, entre 10 et 100μm avec une moyenne de l'ordre de 40μm. Le cytoplasme des fibres musculaires est appelé **sarcoplasme**. Il renferme principalement des myofibrilles, des mitochondries et un système cavitaire, **le réticulum sarcoplasmique**. Chaque myocyte est entouré d'une membrane basale comportant une lame basale et fibrilles de collagène endomysial, en formant **le sarcolemme**. Les noyaux sont incapables de se diviser. En cas de besoin, particulièrement au cours de la croissance, des noyaux supplémentaires peuvent être fournis par des cellules voisines capables de mitose, les cellules myosatellites ou myosatellitocytes (**Renate L-R, 2008**).

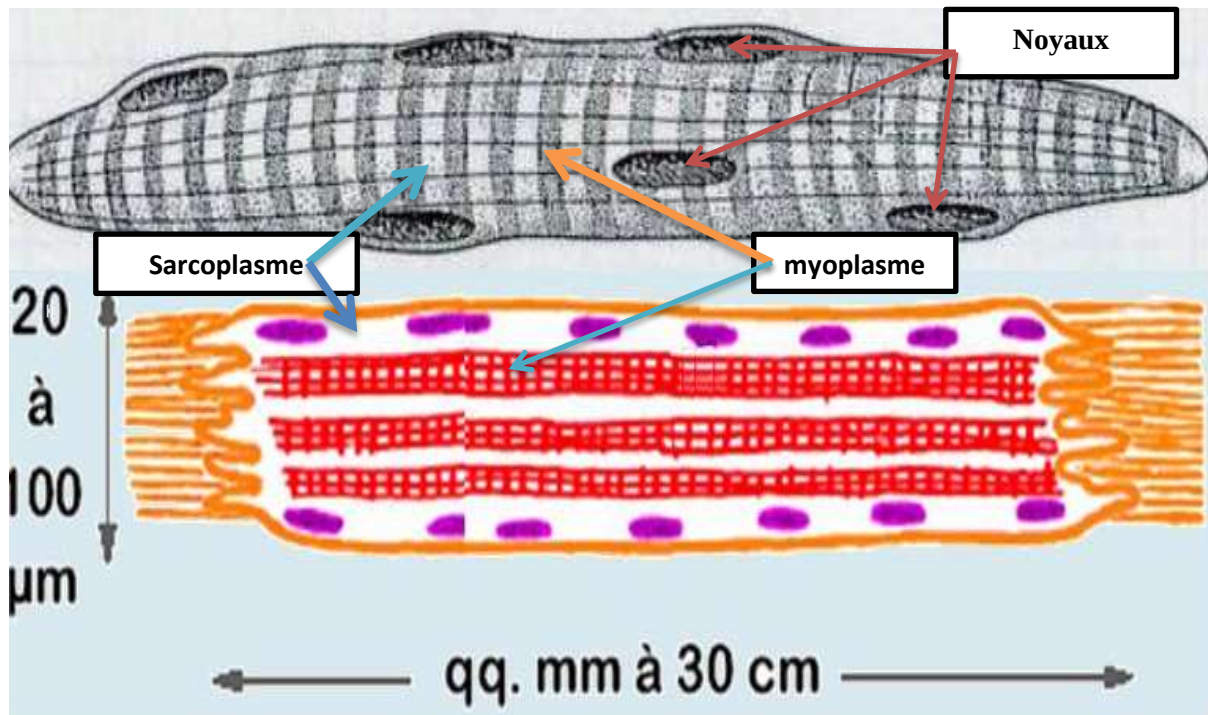


Figure 4 : La structure de la cellule musculaire striée squelettique (Chebab )

#### 5.1.1.1-Les myofibrilles

Elles occupent la majeure partie du cytoplasme et se regroupent en faisceaux. Entre les myofibrilles, des bandes étroites de sarcoplasme contiennent les organites de la cellule. La striation apparaît comme une alternance de bandes claires et de bandes sombres.

#### ✓ Les myofibrilles à la microscopie électronique

##### • Le sarcomère

Chaque sarcomère est donc fait d'un faisceau de myofilaments. Ceux-ci sont disposés de façon parallèle au grand axe de la cellule. Ces myofilaments se répartissent en deux contingents :

##### • Des filaments épais : filaments de myosine

Leur agencement spécialisé explique la succession de bandes sombres observées le long des myofibrilles. Ils occupent la région centrale des sarcomères : ils correspondent aux disques A. on note dans leur région médiane un renflement qui correspond au **disque M** visible en MO.

- Des filaments fins : filaments d'actine

Les filaments fins occupent la hauteur des demi-disques I, de chaque côté des disques A. ils vont pénétrer le disque A de chaque côté, et ainsi se chevaucher sur une certaine hauteur avec les filaments épais de myosine. La partie du disque A où les filaments épais sont seuls présents constitue en MO la **bande H** centrale où le disque A est un peu plus sombre.

- La **strie Z** marque la limite entre deux sarcomères.

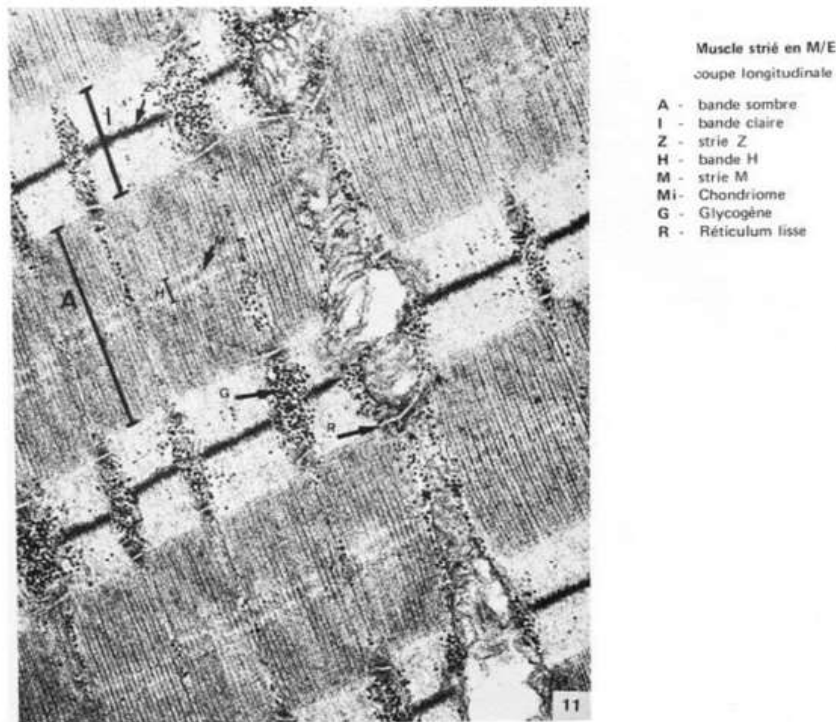


Figure 5 : Muscle strié au microscope électronique (Seigneurin et Boutonnat, 2012)

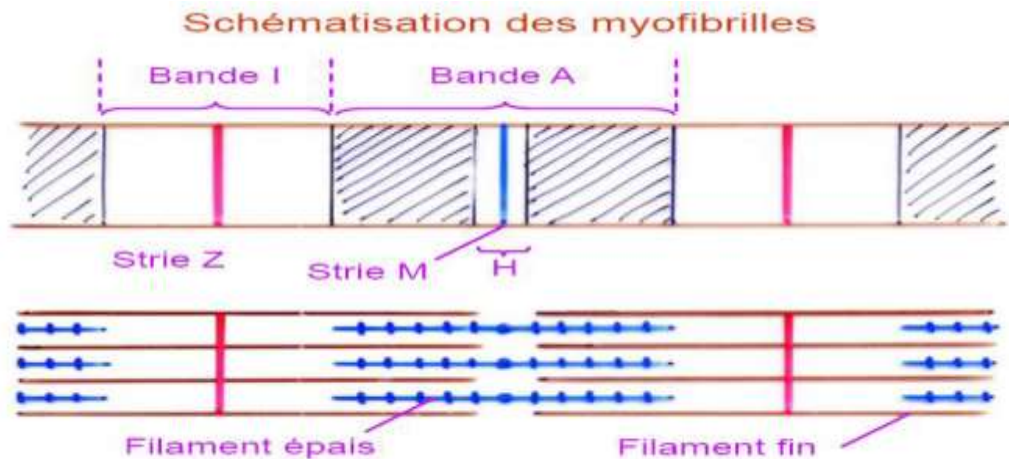


Figure 6 : Structure du muscle strié squelettique au microscope électronique (Seigneurin et Boutonnat, 2012)

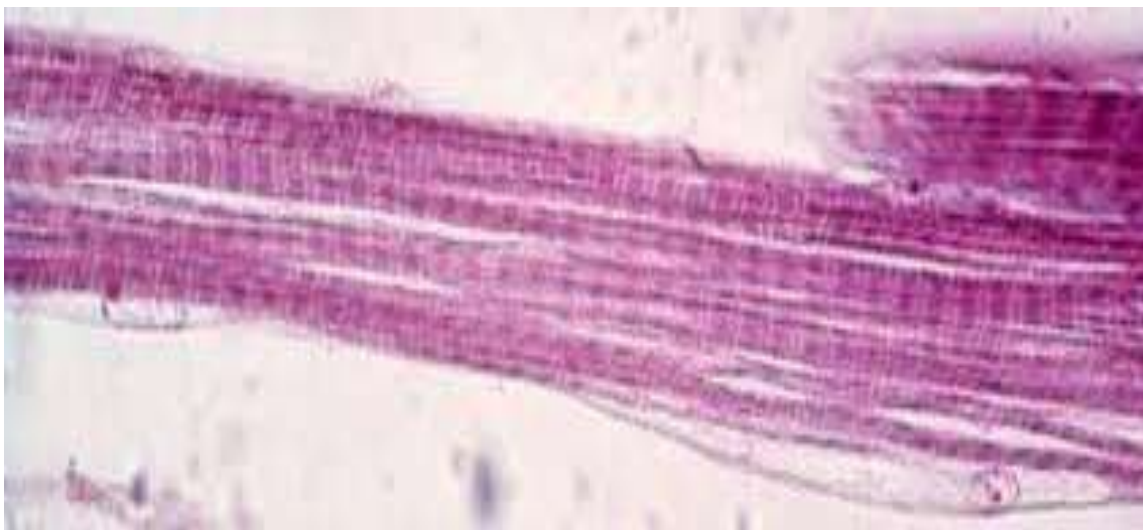


Figure 7 : Observation d'une portion d'une fibre musculaire striée squelettique en coupe longitudinale montrant la double striation due aux myofibrilles (Denoeud et al, 2014)

### 5.1.2-Tissu conjonctif du muscle squelettique

Les muscles squelettiques sont des organes entourés par un fascia musculaire fait de tissu conjonctif serré recouvrant un **épimysium** constitué de tissu conjonctif lâche. L'**épimysium** émet des cloisons conjonctives qui s'enfoncent dans le muscle et forment le **pérимysium**. Le **pérимysium** détermine l'existence de faisceaux musculaires : les plus grands d'entre eux sont dits secondaires, ils se composent eux-mêmes de faisceaux primaires plus petits dont le diamètre est d'environ 1 mm et qui renferment en moyenne 200 myofibrilles.

Les vaisseaux et les nerfs passent par le **périmysium** pour accéder au muscle. Le **périmysium** est allongé et il se connecte aux tendons du muscle, il contient en abondance les fibres de collagène type I et III ; il sert donc aussi au transfert des forces contractiles. On trouve en outre du tissu conjonctif entre les faisceaux primaires : c'est l'**endomysium** qui enveloppe chaque fibre musculaire de fibres réticulaires conférant au muscle sa résistance à l'arrachement. L'**endomysium** héberge la microcirculation, il renferme différents types de collagène : le type IV et des traces des types **I** et **III**. Chaque myofibre squelettique étant entourée de capillaires à trajet sinueux (Renate L-R, 2008).

Le taux et l'insolubilité du collagène d'un muscle déterminent sa destination culinaire de sorte que le prix d'un morceau de viande est inversement corrélé à sa teneur en collagène et /ou à l'insolubilité de celui-ci selon le taux et l'insolubilité du collagène d'un muscle, on distingue ainsi des muscles dits à cuisson rapide et d'autres dits à cuisson lente (Salifou et al, 2012).

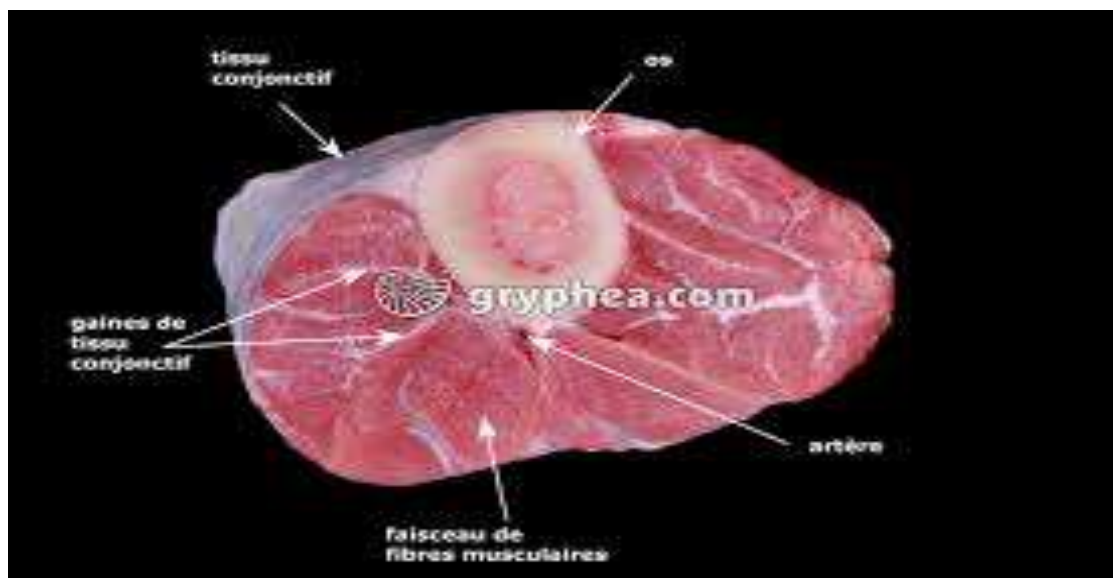
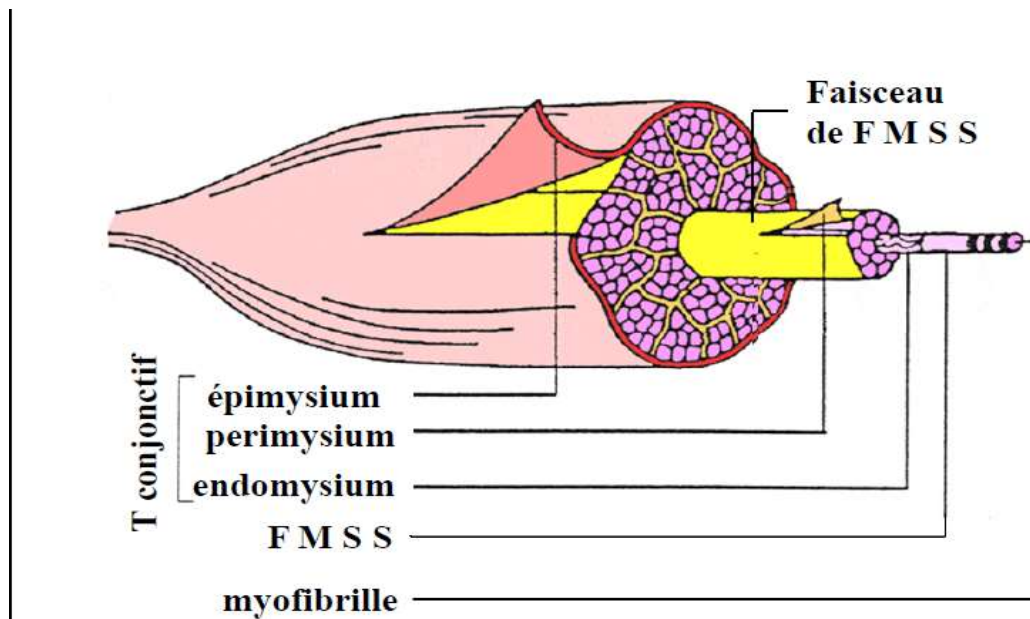


Figure 8 : coupe transversale d'un tissu musculaire strié squelettique entouré par le tissu conjonctif



**Figure 9 : tissu conjonctif associé au tissu musculaire strié squelettique (Seigneurin et Boutonnat, 2012)**

## 5.2- Evolution de la viande *post mortem* :

Ensemble de processus biologiques et physicochimiques entraînant, après l'abattage, une modification des qualités technologiques et organoleptiques (en particulier, la tendreté qui est un facteur limitant de l'acceptabilité de la viande par le consommateur) du muscle et permettra sa transformation en viande (**Ouali, 1991**)

L'évolution de la viande se fait en trois phases

- phase de pantelante
- phase de rigidité cadavérique
- phase de maturation

### 5.2.1- L'état pantelant ou état de respiration sifflante :

La phase de pantelante suit directement l'abattage. Malgré l'interruption du courant sanguin, On observe une succession de contractions et de relaxations du muscle pendant une courte période de 20-30 minutes : Cet état correspond à la durée de survie du système nerveux où le muscle dépense encore ses réserves en glycogène, puis une mise en place de la glycolyse anaérobie associée à une diminution des réserves énergétiques et au recours à la glycolyse anaérobie. Le glycogène est transformé en acide lactique qui s'accumule dans

le muscle et l'acidifie ; cette accumulation d'acide lactique qui s'ensuit provoque une baisse du pH qui passe, selon le muscle, de 7 à environ 5,5 (**Benhanaya et Koudour, 2020**).

- **Contexte biochimique**

Après l'abattage, les muscles des animaux subissent des transformations métaboliques importantes

- ✓ Arrêt de la circulation sanguine (fin de l'apport en oxygène)
- ✓ Basculement vers le métabolisme anaérobie
- ✓ Epuisement progressif des réserves énergétiques

**Tableau 1 : Cinétique du processus de la transformation en viande (Benhanaya et Koudour, 2020).**

| Temps post-mortem | Evènement biochimique        | Conséquence          |
|-------------------|------------------------------|----------------------|
| 0-2 heures        | Glycolyse aérobie résiduelle | pH=7.2               |
| 2-12 heures       | Glycolyse anaérobie intense  | Chute rapide du Ph   |
| 12-24 heures      | Epuisement du glycogène      | Ph minimale 5.4 -5.8 |
| A 24 heures       | Arrêt de la glycolyse        | Stabilisation du Ph  |

Cette baisse de pH est progressive au fur et à mesure que la synthèse de l'acide lactique se poursuit par décomposition du glycogène. Cette phase constitue ce qu'on appelle la viande chaude. Les masses musculaires sont molles, relâchées et élastiques. Les fibres musculaires sont gonflées puisque l'eau est encore fortement liée aux protéines. Le pouvoir de rétention d'eau évolue juste après la mort de l'animal puis diminue en même temps que le pH (**Benhanaya et koudour, 2020**). La couleur du muscle à ce stade est relativement foncée due au manque d'oxygénation provoquée par la saignée et l'arrêt de la circulation sanguine qui ont pour effet majeur de priver la cellule musculaire des nutriments et de l'oxygène (anoxie). Seuls les mécanismes anaérobies continuent de fonctionner. Il en résulte des modifications du métabolisme qui présentent des répercussions sur la structure du tissu musculaire (**El Rammouz, 2005**).

### 5.2.2- L'état de *Rigor Mortis*: phase de la rigidité cadavérique :( épuisement de l'ATP musculaire post-mortem).

La rigidité cadavérique ou « *Rigor-Mortis* » est un état transitoire initial correspondant à une perte de l'élasticité du muscle. Cet état intervient plusieurs heures après la mort (10-12 h pour le bœuf à 20°C) ; il résulte de la liaison irréversible entre la myosine et de l'actine. L'irréversibilité découle de la diminution de la teneur en ATP et l'accumulation d'ions calcium dans les myofibrilles. En effet, la vitesse de production devient inférieure à la vitesse d'hydrolyse de l'ATP. Le muscle perd son élasticité, devient raide inextensible, il est le siège de nombreuses transformations qui conditionnent largement les qualités finales de la viande.

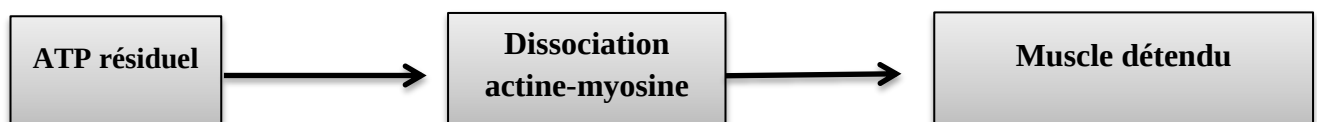
(Benhanaya et koudour, 2020).

L'arrêt de la circulation sanguine et de l'approvisionnement en oxygène entraîne la baisse du taux de celui-ci au niveau musculaire. La respiration s'arrête et la glycolyse anaérobie s'installe. Le métabolisme anaérobie épuise les réserves de glycogène qui est dégradé en glucose puis fermenté en acide lactique. Les réserves énergétiques directes (ATP, phosphocréatine) sont aussi utilisées entraînant une libération importante de phosphate inorganique ; le pH de la viande s'abaisse progressivement de 7 à 5,5 favorisant la dénaturation plus ou moins importante des protéines musculaire entraînant également une chute de la capacité de rétention en eau.



Chaque molécule d'acide lactique produite est associée à la libération d'un proton. La

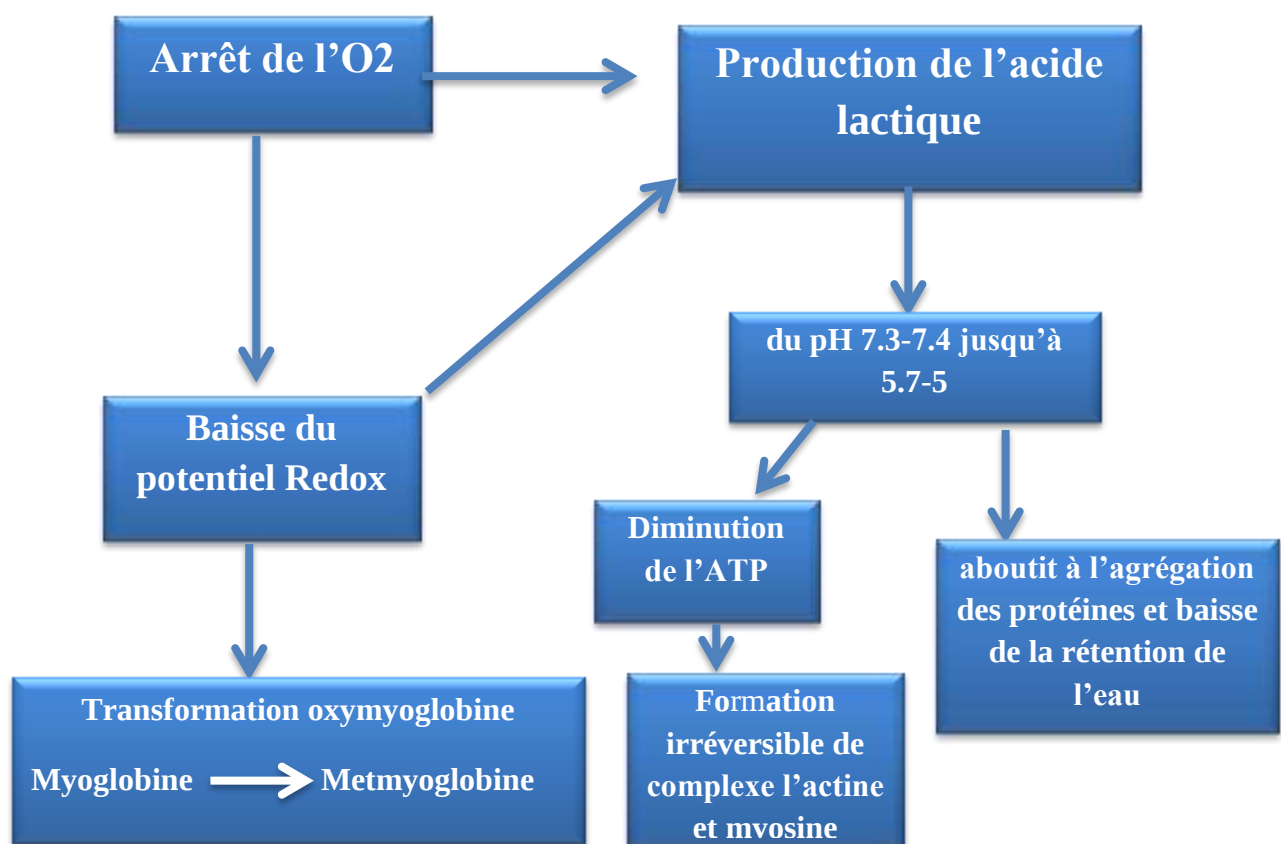
Diminution de pH alors engendrée inactive les enzymes, conduisant alors à l'arrêt de la glycolyse et l'épuisement des réserves d'ATP du muscle. Cet épuisement définit l'étape de *rigor mortis* (Jeacocke, 1984).



Cependant, comme cet épuisement n'a pas lieu simultanément dans toutes les fibres, l'état

de *rigor* ne s'installe pas partout au même moment provoquant ainsi des contractions au sein du muscle. La rigidité apparaît quant à elle progressivement, devient maximale lorsque le pH atteint une valeur voisine de 6,0 (Jeacocke, 1984).

Le temps d'apparition de la rigidité cadavérique dépend de facteurs extrinsèques, ils sont liés à l'animal, il s'agit de l'espèce, l'âge, la région de la carcasse et de l'état de l'animal et les facteurs extrinsèques qui sont liés à la température d'entreposage, plus la température est élevée plus vite la rigidité cadavérique s'installe, un abaissement rapide de la température du muscle vers 0°C provoque son durcissement (Benhanaya et koudour, 2020)



**Figure 10 : schéma récapitulant les différentes étapes de la rigidité cadavériques (INSEE, 2018)**

### 5.2.3- L'état rassis : Phase de la maturation :

La maturation (ou « affinage ») est un processus biochimique contrôlé qui améliore les caractéristiques organoleptiques de la viande après rigidité cadavérique. Cette phase contribue à la transformation du muscle en viande (Salifou et al, 2012)

C'est un ensemble de transformations que subit la viande au cours de sa conservation après la disparition du **Rigor Mortis** et avant l'apparition de la putréfaction (**Craplet, 1966**).

C'est au cours de cette phase que se forment les précurseurs des arômes et de la saveur de la viande (**Cartier et Moëvi, 2007 ; Coibion, 2008**).

Plusieurs systèmes protéolytiques sont impliqués dans le phénomène d'attendrissement. deux groupes de protéases musculaires, les protéinases et les protéines lysosomiales. Comme il s'agit d'un processus enzymatique, sa vitesse est fonction de la température. La disparition des réserves énergétiques du muscle et l'acidification du milieu placent les différentes fractions protéiques dans des conditions favorables à leur dénaturation (**Coibion, 2008**).

Les facteurs qui influencent la maturation des viandes dépendent principalement de leur origine (espèce animale), de l'âge des animaux, du degré des concentrations musculaires post mortem, des groupes musculaires concernés, de l'acidité musculaire et de la température d'entreposage (**Staron, 1982**).

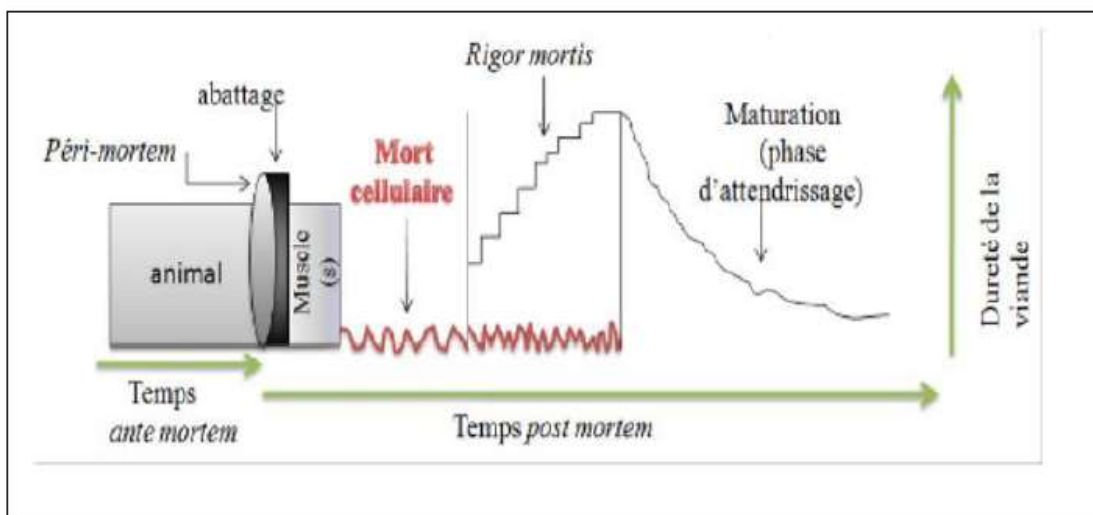


Figure 11 : Etapes de transformation de viande en muscle (Benhanaya et koudour, 2020).

#### Processus enzymatiques dominants durant cette phase :

- Activation des calpaïnes (enzymes protéolytiques dépendantes du calcium)
- Dégradation partielle des protéines du cytosquelette
- Perte de l'intégrité des disques Z.

#### Transformations majeures

Protéolyse intensive → fragmentation des myofibrilles → libération de peptides et acides aminés libres → développement des précurseurs d'arômes.

Modifications lipidiques

Lipolyse des triglycérides  $\longrightarrow$  oxydation contrôlée des acides gras  $\longrightarrow$

Formation de composés carbonylés aromatiques.

**Tableau 2 : Impact des facteurs nutritionnels sur les qualités de la viande (Benhanaya et koudour, 2020).**

| Paramètre       | Avant maturation | Après maturation           |
|-----------------|------------------|----------------------------|
| <b>Tendreté</b> | <b>Raide</b>     | <b>Améliorée de 30-50%</b> |
| <b>Jutosité</b> | <b>Variable</b>  | <b>Optimisée</b>           |
| <b>Flaveur</b>  | <b>Neutre</b>    | <b>Développée</b>          |
| <b>Couleur</b>  | <b>Violette</b>  | <b>Rouge vif stable</b>    |

# *Chapitre II*

## *Qualité de la viande rouge*

## *Chapitre II : qualité de la viande rouge*

### **1- Concept de qualité en relation avec les viandes**

Chez le consommateur, la qualité est devenue aujourd'hui un concept clé aussi bien pour les producteurs que pour les consommateurs. De manière globale, et puisque l'évaluation d'un produit peut varier d'un individu à l'autre, la qualité peut être définie comme « l'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire les besoins des utilisateurs (**Zied Dhraief M et Khaldi R, 2012**).

Néanmoins, elle est jugée différemment ; objectivement, par les producteurs en tenant compte des caractéristiques techniques (normes) et subjectivement, par les consommateurs.

L'analyse de la perception de la qualité par les consommateurs est tributaire du choix des attributs de qualité sélectionnés.

- Les attributs de la qualité attendue qui sont de nature qu'on peut constater avant l'acte d'achat ;
- Les attributs de qualité expérimentale ou d'expérience qui ne peuvent être révélés

Qu'après l'achat et la consommation du produit et les attributs de croyance qui persistent même après l'achat et la consommation.

Dans les études de **Becker (1999)** et **Northen (2000)**, deux types d'attributs sont présentes : intrinsèques et extrinsèques. Tandis que les premiers font référence à la composition physique du produit tels que l'apparence, la couleur et la structure naturelle, les seconds sont liés à des attributs extérieurs tels que le label, le prix et l'origine (**Zied Dhraief M et Khaldi R, 2012**).

#### ➤ **Chez le producteur**

La qualité d'une viande dépend avant tout de la nature des besoins qu'elle vise à satisfaire : la qualité organoleptique ou sensorielle, la qualité nutritionnelle ou diététique, la qualité technologique et la qualité hygiénique. Les critères de qualité ont varié au cours du temps, en fonction du progrès des connaissances et de l'évolution pressentie de la demande

(**Salifou et al., 2013**).

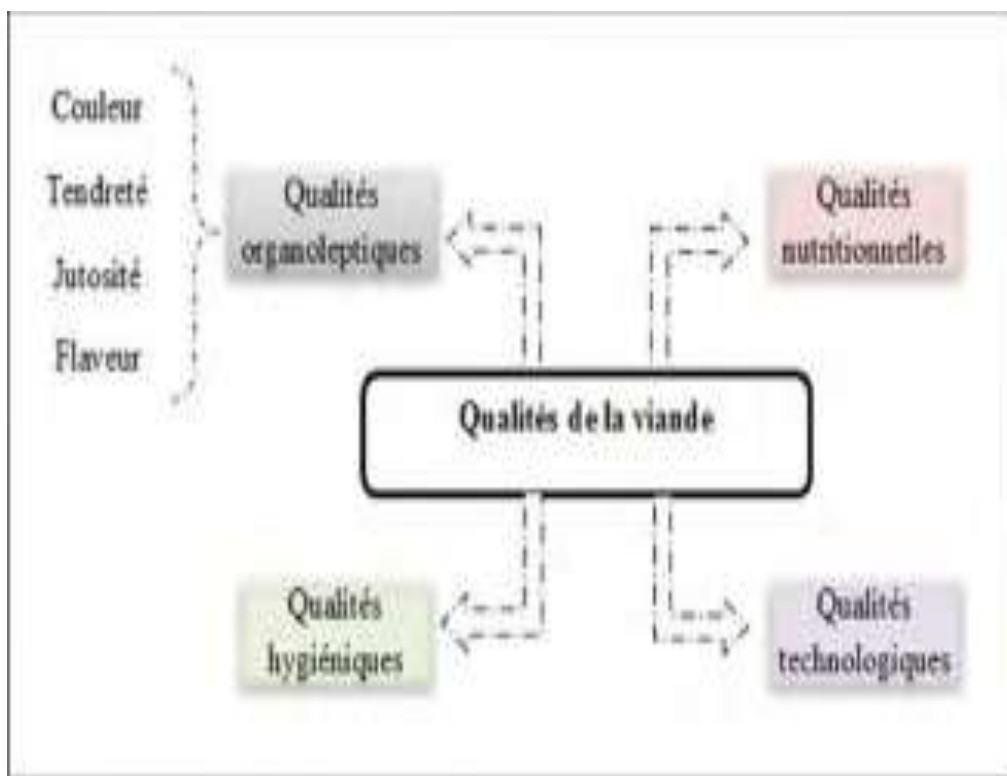


Figure 12 : Qualité de la viande (Adjimi F et Chegra A, 2020)

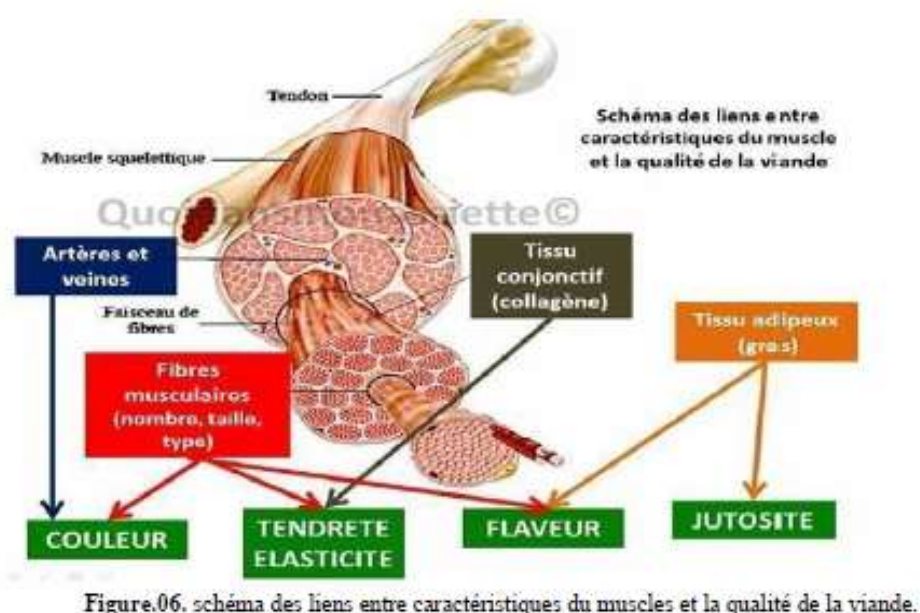


Figure.06. schéma des liens entre caractéristiques du muscles et la qualité de la viande.

Figure 13 : schéma des liens entre caractéristiques du muscle et la qualité de la viande (Gandemer, 1999)

## **2- Qualité organoleptique**

La qualité d'ordre organoleptique recouvre les propriétés sensorielles des viandes et qui sont des sensations de plaisir ou de déplaisir associées à leur consommation. Cette qualité se base sur quatre principaux aspects : la couleur, la flaveur, la jutosité et la tendreté (**Smili, 2014**).

Chez les viandes rouges, ces caractéristiques varient selon le type génétique, l'âge, le sexe des animaux, la conduite de la production (niveau énergétique et protéique de la ration, vitesse de croissance, utilisation du pâturage, apports en vitamine E) (**Hocquette et al. 2005**).

### **2.1- La couleur :**

La préservation d'une belle couleur rouge durant la conservation est primordiale pour la viande bovine car elle est fortement liée à la notion de fraîcheur du morceau.

C'est souvent la seule dont il dispose pour choisir la viande au moment de l'achat. Car la couleur de la viande influence les décisions d'achat plus que tout autre facteur de qualité. De plus, les consommateurs utilisent à tort ou à raison la décoloration comme un indicateur de la nature et de la détérioration éventuelle de la qualité du produit (**Smith et al., 2000**).

#### **2.1.1- Les bases structurales de la couleur**

Trois principaux facteurs déterminent la couleur de la viande :

##### **➤ La quantité de myoglobine présente dans le muscle :**

La myoglobine est le pigment qui assure le stockage et le transport de l'oxygène dans les cellules musculaires. Elle est à l'origine de la couleur rouge du muscle : plus il y a de myoglobine dans le muscle, plus le rouge est intense.

##### **➤ La forme chimique de la myoglobine :**

Alors que la viande fraîche est d'une couleur rouge uniforme, on observe, au cours de sa conservation, l'apparition progressive d'un brunissement à sa surface. Cette altération naturelle de la couleur au cours du temps est due à un changement de forme chimique du pigment : c'est le phénomène d'oxydation de la myoglobine.

##### **➤ La structure physique du muscle :**

Elle détermine sa capacité à absorber et à réfléchir la lumière. Cette structure dépend du pH dans le muscle. Ainsi, 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. Cette acidification, bénéfique à la conservation, prend généralement 48 heures. Mais, il est admis qu'une bonne approximation du **pH** ultime des muscles peut être faite dès 24 heures *post mortem*.

Aussitôt après l'abattage, la viande présente donc un bon pouvoir de rétention d'eau (P.R.E.) et une couleur sombre. Lorsque le **pH** baisse, on se rapproche du point isoélectrique des protéines. Leurs charges diminuent et elles se resserrent par un effet d'attraction réciproque. Ce réseau protéique musculaire présente alors une structure « fermée ». La lumière pénètre peu dans le muscle et le pourcentage de lumière réfléchi est important, d'où une viande plus claire, à teneur en pigment identique. Le resserrement du réseau protéique entraîne, en parallèle, une diminution du pouvoir de rétention d'eau du muscle, donc des pertes de masse lors de la conservation (**figure 14**) (Dénoyelle C et al, 2001).

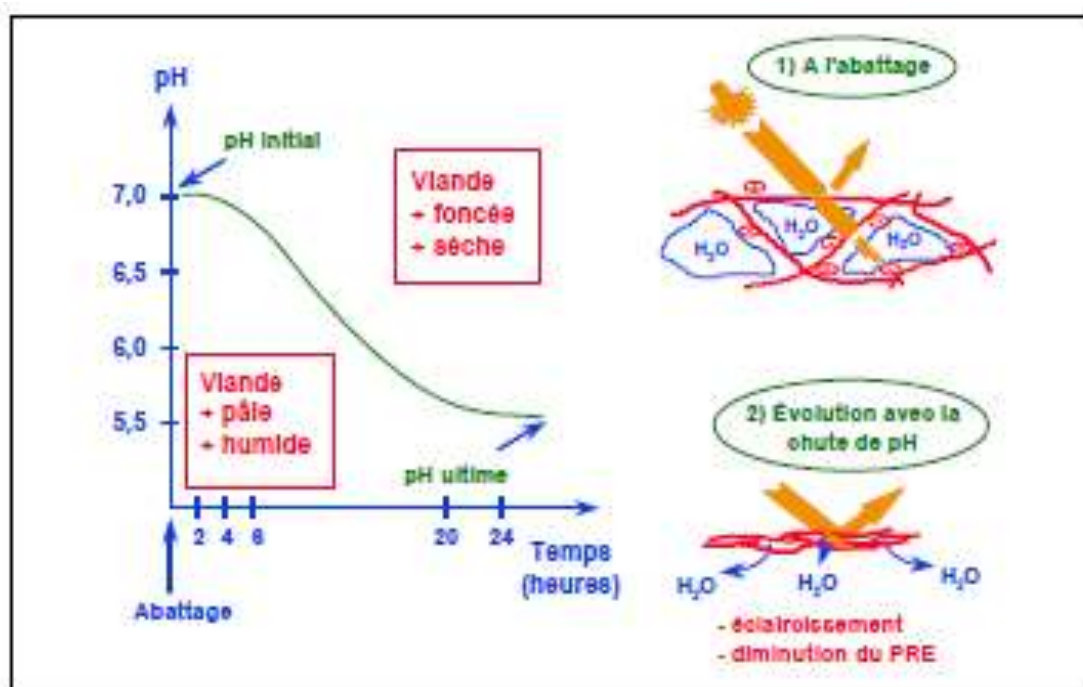


Figure 14 : Evolution du pH musculaire après l'abattage et couleur de viande (Dénoyelle et al ; 2001)

➤ **Le lien entre le pH et la forme chimique du pigment**

La couleur rouge de la viande, lui est conférée par un pigment musculaire, la myoglobine, dont le rôle est de capter l'oxygène véhiculé par l'hémoglobine sanguine et de le transporter dans le muscle (**Monin, 1991**).

Au sein du muscle, la myoglobine est sous forme réduite ((Mb, Fe<sup>++</sup>), de couleur pourpre, 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 (MbO<sub>2</sub>, Fe<sup>++</sup>) de couleur rouge vif, synonyme de fraîcheur et attractive pour le consommateur.

Après une exposition prolongée à l'air, le pigment s'oxyde en metmyoglobine (MetMb), de couleur brunâtre, en constituant un motif de rejet pour le consommateur (**Coibion 2008 et Touraille, 1994 et Staron, 1982**).

Il y a deux principales raisons à l'éclaircissement de la viande avec la chute de pH.

✓ La principale, précédemment évoquée, concerne la modification de structure

Musculaire engendrée par l'acidification, qui conduit la viande à réfléchir plus fortement la lumière.

✓ La seconde tient à l'impact du pH sous la forme chimique prise par la myoglobine,

Pigment colorant la viande :

- un pH ultime bas (5,2 à 5,5), favorise l'auto-oxydation de la myoglobine oxygénée ou réduite, d'où une teinte plus faible,

- un pH ultime normal (5,5-5,7) limite la consommation d'oxygène par le muscle et le pigment reste sous sa forme oxygénée rouge vif en surface,

- un pH ultime élevé (6,3-6,7), accroît au contraire cette consommation en oxygène, d'où un pigment qui tend à rester à l'état réduit, rouge sombre (**Dénoyelle C et al ; 2001**)

### 2.1.1.1- Facteurs influençant la couleur de viande :

#### - Facteurs Intrinsèques

- ✓ **L'espèce** : La quantité de la myoglobine est différente selon l'espèce.
- ✓ **Le sexe** : Au sein d'une même race, les femelles fournissent une viande plus rouge que les mâles au même âge.
- ✓ **L'âge** : La concentration en pigment et donc l'intensité de la coloration augmentent avec l'âge.
- ✓ **L'activité du muscle** : Un muscle à forte activité contractile a des quantités plus élevées de pigments (**Murat, 2009**).

#### - Facteurs extrinsèques

- ✓ **L'alimentation** : Les jeunes animaux (ex : les veaux) nourris exclusivement au lait (carencé en fer) ont une pigmentation plus pâle.
- ✓ **Les conditions d'abattage (acidification)** : Il y a corrélation entre la valeur du pH et la couleur de la viande : plus le pH est bas plus la chair de la viande sera claire
- ✓ **La cuisson** : Elle provoque la coloration en gris-brun des viandes cuites par dénaturation des pigments à la chaleur.
- ✓ **Les procédés de conservation:**
  - La réfrigération pendant les premiers jours de stockage évite la coloration brune.
  - Le conditionnement sous l'atmosphère modifiée (teneur en oxygène très élevée) permet de conserver entre autres une couleur rouge vif à la viande.
  - Le conditionnement sous vide fait passer le pigment de sa couleur rouge vif à pourpre du fait de la disparition de l'oxygène (**Murat, 2009**).

### 2.2-Flaveur

La flaveur de la viande est déterminée par la composition chimique et les changements apportés à cette dernière par la cuisson. Des composés hydrosolubles aussi bien que liposolubles sont impliqués dans le développement de la flaveur au cours de la cuisson (**Monin, 1991**).

Elle est le résultat complexe des sensations olfactives et gustatives (**Karamichou et al., 2005**)

formée des saveurs perçues par les papilles de la langue et des arômes perçus par voie rétro-nasale lorsque le produit est en bouche. La flaveur est essentiellement liée aux lipides et aux substances liposolubles associées, présentes dans le morceau de viande, qui évoluent lors de la conservation de la viande et se transforment au cours de la cuisson pour donner des composés aromatiques conférant à la viande sa flaveur caractéristique (**Gandemer, 1999**).

Plus la teneur en lipides du muscle est importante, plus la flaveur de la viande est intense jusqu'à un seuil de 10 % au-delà duquel elle n'évolue plus (**Lebret et Picard, 2015**).

La flaveur est très différente d'un muscle à un autre et dépend du type métabolique du muscle, du régime alimentaire, ce qui peut considérablement modifier la composition en acides gras de la viande et changer ainsi sa saveur (**Monin, et al., 1991**). Elle dépend de nombreux facteurs pendant le processus de production (le sexe, la génétique et l'alimentation des animaux, etc.) et des caractéristiques de chaque espèce animale (**Lameloise et al. 1984**).

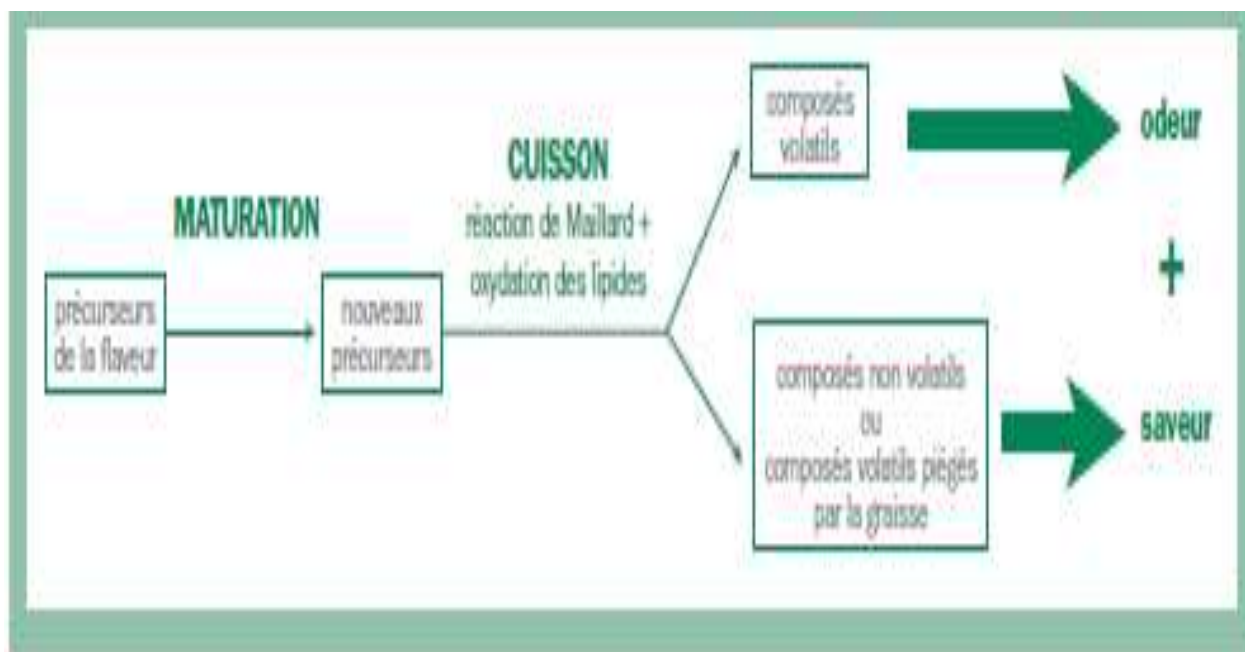
### **2.2.1- Les composés responsables de la flaveur**

Selon **Lameloise et ses collaborateurs (1984)**, Les composés responsables de la flaveur de la viande sont classés en deux catégories :

**2.2.1.1- Composés volatils**, responsables de l'arôme ou odeur. Certains ont un rôle primordial à savoir les composés carbonylés et lactones, les composés hétérocycliques (furanne, pyrazines et pyridines) et les composés soufrés (H<sub>2</sub>S).

D'autres ont un rôle plus faible tel que les alcools, les esters, les éthers, les hydrocarbures aliphatiques et les acides carboxyliques.

**2.2.1.2- Composés non volatils**, responsables du goût comprennent des nucléotides, des nucléosides, certains acides aminés, des amines et la créatinine.



**Figure 15 : Processus de développement de la saveur (CIV, 2004)**

### 2.3- La tendreté :

La tendreté est le critère de qualité le plus important pour le consommateur lorsqu'il consomme une viande. C'est la qualité sensorielle la plus déterminante pendant la mastication et ce, après la cuisson (**Dransfield, 1994**).

C'est la facilité avec laquelle une viande se laisse mastiquer, elle varie avec la qualité des tissus conjonctifs et avec le degré d'altération des protéines structurales au cours de la maturation (**Hornick et al., 2000**). Perçue comme une combinaison de sensations résultant de l'interaction des sens avec des propriétés physiques et chimiques, comme la dureté, l'humidité et l'élasticité. Elle peut varier beaucoup d'un morceau à l'autre.

Le collagène : 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.

- Les myofibrilles : elles 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 tendrissement du muscle. La maturation est une étape essentielle pour révéler la tendreté des muscles pauvres en collagène. Au contraire, elle n'attendrit que très peu les muscles riches en collagène, puisque la dégradation enzymatique touche les protéines des myofibrilles et non celles du tissu conjonctif.

Ainsi, plus les muscles sont riches en collagène plus ils sont durs. A contraction, plus les muscles sont pauvres en collagène plus ils sont tendres, à condition qu'ils subissent une maturation suffisante. La durée de conservation pour l'obtention d'une tendreté optimale est en fonction de la température de stockage. Elle est de 8 jours à 6 C°, de 14 jours à 2 C° et de 16 jours à 0 C° (**Coibion, 2008 et Lameloise et al., 1984**).

#### **2.4- La jutosité :**

La jutosité, appelée aussi succulence se présente sous deux aspects :

- ✓ La jutosité initiale, perçue au premier coup de dent, elle est surtout liée à la quantité d'eau présente et libérée lors de la mastication,
- ✓ La seconde est en relation avec la teneur en lipides de la viande, qui induit une plus ou moins grande salivation. Elle représente le caractère plus ou moins sec de la viande au cours de la consommation.

La première jutosité 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. C'est le gras intramusculaire qui est essentiellement impliqué dans la seconde jutosité, par son action stimulante de la sécrétion salivaire (**C.I.V, 2004**)

Donc le facteur essentiel qui va jouer sur la jutosité est le pouvoir de rétention d'eau du muscle. Il dépend de l'eau retenue au niveau des myofibrilles, celle-ci dépendant de la structure spatiale des protéines des fibres musculaires. Lorsque la distance entre les chaînes protéiques s'agrandit, le pouvoir de rétention d'eau augmente (**Lameloise et al., 1984**). La teneur varie inversement à la teneur en gras et en fonction du pH de la viande qui joue un rôle déterminant pour la jutosité, car il affecte la structure musculaire. Une viande à pH très bas a tendance à perdre son eau (viande exsudative à l'œil) et à être sèche en bouche et les viandes à pH élevé ont une très bonne rétention d'eau et présentent une jutosité supérieure

(**Touraille, 1994 ; Coibion, 2008**)

On distingue généralement deux composantes (**Lawrie, 1991**)

- La jutosité initiale qui est associée à la quantité de jus qui s'écoule dans la bouche pendant les premières mastications.
- La jutosité finale ou seconde jutosité qui est liée à la sécrétion salivaire engendrée par le gras du morceau après la mastication.

### 3- Qualité nutritionnelle et diététique

La qualité nutritionnelle est la capacité d'un aliment à répondre aux besoins journaliers des individus, elle est reliée à la présence d'éléments nutritifs essentiels, à leur biodisponibilité et son effet sur la santé du consommateur (**Levervex., 2010**). Elle comprend la composition qualitative et quantitative en macronutriment (glucides, lipides, protides) et micronutriments (vitamines, oligoéléments) du produit (**Ammour H, 2013**).

**Tableau 3 : la composition chimique de la viande (Baba Saci et Fadai, 2019)**

| Composants                       | Teneur                                                              |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Energie                          | <b>113 kCal/100g</b>                                                |
| L'eau                            | <b>71.9-70.6g/100g (65-85%)</b>                                     |
| Protéines                        | <b>23-30g/100g (20-23%)</b>                                         |
| Lipides                          | <b>2,3-8,0/100g (1-4%)</b>                                          |
| Acides gras saturés (AGS)        | <b>(38-52% des acides gras totaux)</b>                              |
| Acide gras mono-insaturés        | <b>34-48% des acides gars totaux</b>                                |
| Acides gras polyinsaturés (AGPI) | <b>Sont variables selon l'espèce : 3-15% des acides gras totaux</b> |
| Le cholestérol                   | <b>54-77 mg/100g</b>                                                |
| Minéraux (la cendre)             |                                                                     |
| Fer                              | <b>(3-25%)</b>                                                      |
| Zinc                             | <b>2,8 mg/100g</b>                                                  |
| Sélénium                         | <b>3,5mg/100g</b>                                                   |
| Vitamines                        | <b>10,1g/100g</b>                                                   |
| B3                               | <b>5,2 mg/100g</b>                                                  |

|     |             |
|-----|-------------|
| B6  | 0,5 mg/100g |
| B12 | 1,2g/100g   |

La teneur de ces composants peut être modifiée par le système de production, le type du muscle, la race ou l'âge de l'abattage des ruminants (**Baba Saci et Fadai, 2019**).

### 3.1- Apport en protéines

#### *La viande est le symbole de l'aliment protidique*

L'importance de la viande bovine comme source de protéines est sans équivoque. En effet, avec en moyenne 20 g de protéines pour 100 g de tissu frais correspondant à près d'un tiers des apports nutritionnels quotidiens conseillés. La viande bovine présente des quantités de protéines relativement élevées variant peu d'un morceau à un autre. Ces protéines sont riches en acides aminés essentiels (non synthétisés par l'organisme humain) comme la lysine et l'histidine (**Bauchart et al., 2008**).

Les protéines de la viande, dites aussi protéine musculaire, présentes un équilibre proche des besoins de l'homme, ce qui leur confère une bonne digestibilité (**Laporte et Mainsant, 2012**) (**Tableau 4**).

**Tableau 4 : teneur en acide aminé essentiel des viandes en g pour 100g de viande (Murat, 2009)**

| Acide aminés  | Bœuf | Veau | Besoin quotidien de l'adulte |
|---------------|------|------|------------------------------|
| Lysine        | 1.6  | 1.6  | 0.8                          |
| Phénylalanine | 0.8  | 0.8  | 1.1                          |
| Tryptophane   | 0.2  | 0.2  | 0.25                         |
| Méthionine    | 0.5  | 0.4  | 1.1                          |
| Thréonine     | 0.8  | 0.8  | 0.5                          |

|            |     |     |     |
|------------|-----|-----|-----|
| Leucine    | 1.5 | 1.4 | 1.1 |
| Isoleucine | 1   | 1   | 0.7 |
| Valine     | 1   | 1   | 0.8 |

### 3.2- Apport en lipides

Les lipides constituent une source majeure d'énergies, facilement stockable par l'organisme. Ils sont aussi les constituants essentiels des structures membranaires et interviennent comme précurseurs de molécules régulant les fonctions cellulaires (**Laporte et Mainsant, 2012**).

La teneur en matières grasses des viandes varie selon l'espèce, l'état d'engraissement de l'animal et le morceau considéré. Elles se trouvent à la surface de la carcasse (graisses de couverture), autour des muscles ou à l'intérieur du muscle (marbré, persillé). Une viande peut contenir 2 à 30 % de graisses constitués principalement d'acides gras saturés et mono-insaturés (**UNESS, 2010**).

- Plus la viande est maigre, plus sa proportion d'acides gras insaturés est élevée et celle des acides gras indispensables aussi. Ce sont l'acide linoléique et l'acide alpha-linoléique impliqués dans diverses voies métaboliques de l'organisme et indispensables à la croissance, au développement cérébral chez l'enfant.

Pour la viande de bœuf c'est la fraction d'acide gras saturés qui est la plus importante (**Nubel 2017**).

- **La teneur en cholestérol de la viande est relativement faible** (de l'ordre de 60 mg/100 g soit 5 fois moins que la teneur du foie ou d'un œuf).

**Tableau 5 : répartition des acides gras (en %) dans la viande bovine (Murat, 2009)**

| Type d'acide gras   | Répartition en% des acides gras totaux | Besoins des apports nutritionnels conseillés en acides gras % des AG totaux |
|---------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Acides gras saturés | 45-50%                                 | 25%                                                                         |

|                            |        |     |
|----------------------------|--------|-----|
| Acides gras mono insaturés | 40-50% | 60% |
| Acides gras poly insaturés | 3-10%  | 15% |

### 3.3-Apport en glucides

Le glycogène du muscle est transformé en acide lactique lors de la maturation de la viande, la teneur en glucides est donc négligeable au stade de sa commercialisation (UNESS, 2010).

### 3.4-Appports en micronutriments (minéraux et vitamines)

Les viandes sont riches en fer et en phosphore mais pauvre en calcium (mauvais rapport Calcium/Phosphore) (UNESS, 2010).

Apport en minéraux

#### 3.4.1-le fer

Le fer est un élément minéral présent en très petite quantité dans l'organisme mais qui intervient dans des fonctions essentielles à la vie :

- Le fer est impliqué dans le transport de l'oxygène au sein de l'hémoglobine.
- Le fer est impliqué également dans la respiration cellulaire et la production d'énergie.
- Le fer est également impliqué dans diverses réactions enzymatiques dans le foie et le cerveau.
- Le fer est particulièrement important à certaines périodes de la vie (règles menstruelles, don de sang, hémorragie, gestation, croissance, etc.).
- Le fer d'origine animale (viande, foie) est beaucoup mieux absorbé par notre organisme que celui contenu dans les légumes. En effet, **le fer issu de la viande et des poissons se présente sous une forme moléculaire** où le fer est lié à un complexe hème (on parle de « fer hémique ») **qui facilite son absorption lors de la digestion**. A l'inverse du fer présent dans les végétaux et œufs (on parle de « fer non-hémique ») plus difficile à absorber (CSS, 2013).

Le représente environ 70 % du fer total de la viande, est 5 à 6 fois mieux absorbé que le fer non héminique présent dans les végétaux (Bauchart et al., 2008).

### **3.4.2- Sélénium**

Le Sélénium a des propriétés anti-oxydantes. C'est un micronutriment intéressant contre les affections liées au stress oxydatif (cancers, maladies cardiovasculaires) (**Boucquiau, 2014**).

Stocké majoritairement dans les cellules musculaires des animaux. Constituant des séléno- protéines dont la glutathion peroxydase, principal antioxydant intracellulaire, le sélénium intervient dans la protection des cellules et de l'ADN vis-à-vis de l'oxydation (**Biesalski et Nohr, 2009**).

### **3.4.3- Phosphore**

Le phosphore favorise une bonne santé des os et des dents, ainsi qu'une bonne régénérescence des tissus (**CSS, 2013**).

### **3.4.4-Le zinc**

Comme pour le fer héminique, le zinc présent dans la viande est bien mieux absorbé par l'organisme que le zinc d'origine végétale (**Laporte et Mainsant ,2012**). Le zinc est aussi un micronutriment d'intérêt car il intervient dans de très nombreuses fonctions biologiques :

Croissance, reproduction, défenses immunitaires, ainsi que dans de nombreuses réactions métaboliques et la lutte contre le stress oxydant (**Lebret et Picard, 2015**).

## **3.5- Apports en vitamines**

### **3.5.1- Vitamines du groupe B**

Les viandes sont riches en vitamines du groupe B (B1, B2, B3, B6, B12) mais dépourvues de vitamines liposolubles (**UNESS, 2010**)

Non synthétisées par l'organisme, les vitamines B3, B6 et B12, que l'on trouve principalement dans les produits animaux (et même exclusivement pour la B12), doivent être fournies par l'alimentation et leur rôle est vital. Elles interviennent dans de nombreux processus biologiques et voies métaboliques où elles sont intégrées à des coenzymes. (**Boucquiau, 2014**).

**La vitamine B3 ou Niacine** intervient dans les mécanismes d'oxydoréduction, très importante pour le métabolisme. Elle constitue une prévention contre les lésions de la peau et du tube digestif. Elle est présente en quantité suffisante dans la viande (comme dans le

poisson, la levure et les champignons) pour couvrir les besoins nutritionnels via une alimentation équilibrée. Un régime végétalien strict peut exposer à des risques de carence de niacine (CSS, 2016).

**La vitamine B12** Primordiale dans la formation des globules rouges, le fonctionnement du système nerveux et du système immunitaire. La consommation de produits d'origine animale fournit 100% des apports. Toute personne suivant un régime excluant la viande doit prendre de la vitamine B12 sous forme de compléments alimentaires.

**Tableau 6 : intérêt nutritionnel de la viande de gros bovin (le grand et al, 2016)**

| Nutriment                | Moyenne | Coefficient de variation (%) | % d'apport de 100g/ANC | % des AJR pour un steak de 150g |
|--------------------------|---------|------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Vitamine B1<br>(mg/100g) | 0.08    | 31.3                         | 5.9                    | 10                              |
| Vitamine B2<br>(mg/100g) | 0.19    | 23.5                         | 11.6                   | 15-20                           |
| Vitamine B3<br>(mg/100g) | 4       | 18.7                         | 21.9                   | 30-45                           |
| Vitamine B5<br>(mg/100g) | 0.47    | 40.3                         | 7.9                    | 10-15                           |
| Vitamine B6<br>(mg/100g) | 0.38    | 12                           | 18.9                   | 25-35                           |
| Vitamine B9<br>(µg/100g) | 7.9     | 33.8                         | 3.9                    | 3-6                             |
| vitamineB12<br>(µg/100g) | 2.2     | 27.8                         | 222                    | 140-300                         |

#### **4- Qualité technologique**

C'est l'aptitude de la viande à la conservation et la transformation. Elle est liée à des paramètres tels que le pH, le pouvoir de rétention de l'eau et l'aptitude à la conservation par réfrigération (**Hornick et al. 2000**).

La qualité technologique détermine l'aptitude d'une viande à servir de matière première pour la fabrication d'un produit carné élaboré, ou bien correspond à ses aptitudes à subir une transformation. La composante nutritionnelle de la qualité est déterminée essentiellement par la composition chimique du tissu musculaire au stade d'abattage, alors que les composantes technologique et sensorielle résultent d'interactions entre la composition chimique et les propriétés métaboliques du muscle à l'abattage, et son évolution post-mortem, conduisant à sa conversion en viande (**Gagaoua, 2015**)

##### **4.1- Le pH :**

Une chute trop rapide du pH combinée à une température élevée provoque la dénaturation des protéines, conduisant à une réduction du pouvoir de rétention. Cela, entraîne une diminution du rendement de fabrication de viande cuite. Le pH est déterminé à l'abattage ( $pH_0$ ) et après 24 heures ( $pH_{24}$ ), il est le premier indicateur de la qualité de la viande et nous permet d'évaluer la potentialité du muscle animal à devenir de la bonne viande ; ce paramètre donne même une mesure de l'aptitude à la conservation de tel aliment : en effet des basses valeurs de pH limitent la croissance microbienne et préviennent par conséquent des possibles altérations. Pour avoir une viande de bonne qualité, le pH doit diminuer, après l'abattage, pour l'augmentation dans le muscle de l'acide lactique, provoqué par la glycolyse *post mortem* du glycogène : cette chute doit être graduelle parce que, si elle fut trop rapide, on vérifierait la dénaturation des protéines et la chute de la capacité de rétention d'eau.

Le pH est modifié même par les modalités de conservation : la congélation détermine une diminution de pH par rapport à la simple réfrigération (**Babadji et Zebbar, 2018**).

##### **4.2-Le pouvoir de rétention d'eau :**

Le pouvoir de rétention en eau de la viande fraîche est la capacité des 20 % de protéines musculaires à retenir les 75 % d'eau présents ; c'est une caractéristique essentielle pour la fabrication de viande cuite. Il augmente avec le pH, par suite des effets de ce dernier sur l'organisation spatiale du réseau myofibrillaire. Il influence l'aspect de la viande et son

aptitude à la conservation, surtout lors de la vente sous forme préemballée. Une basse capacité de rétention d'eau signifie une plus grande quantité d'eau expulsée pendant la mastication, donc une plus grande jutosité, et elle est corrélée positivement avec la tendreté (Babadji et Zebbar, 2018).

#### **5- Qualité hygiénique et sanitaire :**

Cette qualité est primordiale, la viande devant être consommée dans des conditions de sécurité quasi absolues : importance limitée de la flore microbienne totale, absence de flore pathogène (salmonelle en particulier), et de toxicité.

La toxicité peut être due à la présence de substance résiduelles (pesticides, fongicides), substances médicamenteuses (hormones, antibiotiques), substances formées au cours de conservation défectueuse (toxine botulique) ou déposées lors de transformation (fumage, saumurage), et de produits de dégradation résultants des traitements thermiques des graisses et des protéines (Ammour ; 2013)

Ces défauts sont fortement influencés par la cinétique d'évolution post-mortem du pH et l'oxydation des acides gras polyinsaturés.

La diminution du pH a un effet bactériostatique, toutefois, le pH aurait moins d'effet sur la croissance microbienne que sur l'orientation des développements microbiens. Un pH ultime élevé favorise le développement de bactéries de putréfaction et freine la capacité de pénétration du sel dans la viande (Coibion, 2008).

La commission du *Codex Alimentarius* a élaboré des codes relatifs à l'inspection de la viande et un code d'usages international recommandé pour l'hygiène de la viande. Garantir la sécurité sanitaire de la viande requiert de contrôler toute la chaîne alimentaire, de l'élevage jusqu'au moment de la consommation et les services vétérinaires effectuent un ensemble de contrôles à chaque point clé de la filière viande (FAO, 2014).

#### **5.1- Contamination ante mortem**

Une grande partie des germes de contamination de la viande proviennent de l'animal, du cuir (peau et poils), des matières fécales, du sol et de l'eau. Ils sont porteurs de microorganismes variés, en particulier *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Streptococcus fécaux*.

### **5.2-Contamination *post mortem***

La contamination post mortem (après abattage) résulte généralement du contact avec des mains, des vêtements, des matériels ou des installations sales au cours de l'abattage et au cours de la préparation des carcasses. Sachant qu'il y a aussi certains germes pathogènes saprophytes du tube digestif qui contaminent les muscles (**Bellih K et Benlahrech FAW ,2021**).

## *Chapitre III*

# *Qualité microbiologique de la viande hachée*

### *Chapitre III : qualité microbiologique de la viande hachée*

#### **1-Définition de la viande hachée :**

La viande hachée n'est pas considérée comme une viande transformée. Elle est beaucoup plus proche des viandes fraîches que des charcuteries. C'est pourquoi le **CSS** la considère comme de la viande rouge et non comme de la viande transformée dans ses recommandations nutritionnelles (**CSS, 2019**). C'est un produit carné désossé obtenu par hachage ou fragmentation mécanique de muscles squelettiques, dans un hachoir à vis sans fin dans un magasin de détail, en vue de sa vente directe au consommateur. Elle peut contenir 0% à 50% de la matière grasse.

Depuis le 20<sup>ème</sup> siècle son utilisation a vu une croissance fulgurante surtout dans le domaine de la restauration rapide (**Fast-Food**) à cause de sa préparation facile et rapide et ses valeurs nutritionnelles élevées.

Seules peuvent être utilisées pour la fabrication de viandes hachées, les viandes de boucherie des espèces suivantes : bovine, porcine, ovine, caprine et chevaline (**JORA, 1999**).

Les qualités de la viande sont fortement influencées par l'espèce animale et par les caractéristiques physiologiques et biochimiques des muscles.

#### **2- Opération de hachage des viandes.**

Les opérations effectuées, entre la découpe des carcasses et l'obtention de la viande hachée, doivent se dérouler plus en aval pour écourter le délai entre la préparation et la consommation. Ainsi il y aura moins de risque de prolifération microbienne. C'est pourquoi le boucher doit toujours éviter de préparer les viandes à l'avance (**Lemaire, 1982**).

##### **2.1-Désossage**

C'est l'extraction des os et des cartilages. Le désossage est pratiqué à main nue ou avec un gant métallique de protection qui est en contact avec la viande. L'avantage du port du gant n'est plus à démontrer car son usage entraîne une obligation quotidienne de nettoyage et de désinfection.

## **2.2- Séparation des morceaux :**

Au cours de la séparation des morceaux, il convient de recommander aux exécutants de manipuler le moins possible les pièces de viande. L'entassement des morceaux sur les tables, dans les bacs et sur les crochets doit être évité **(Ka, 2006)**

## **2.3- Parage**

Le terme « parage » désigne un certain nombre d'opérations réalisées à des fins commerciales visant à améliorer l'apparence de la viande hachée **(Ka, 2006)**.

## **2.4- Dégraissage**

Selon les morceaux, l'élimination des graisses est complète ou partielle. Dans la plupart des cas, ce travail est réalisé à la main à l'aide d'un couteau à lame flexible. Cette opération réduit les effets protecteurs naturels de la viande. Il faut donc le faire le plus tard possible avant la mise en vente **(Ka, 2006)**.

## **2.5- Epluchage**

Le but de cette préparation de viande est d'éliminer l'aponévrose de certains muscles **(Ka, 2006)**.

## **2.6- Hachage**

Le hachage est un prélude à l'élaboration de tous les produits divisés. Il concerne les tissus musculaires et adipeux ainsi que certains organes à l'état frais ou congelé. Cette opération utilise l'énergie mécanique pour désorganiser les structures des tissus par des opérations de tranchage, d'écrasement et de rupture **(Girard et al, 1988)**. L'équipement le plus couramment utilisé est un hachoir ou un cutter. Différents auteurs ont tenté de comparer les propriétés des hachages réalisés avec des cutters et des hachoirs à viande. Par conséquent, les broyeurs produisent des particules plus uniformes que les couteaux **(Durand, 1999)**.

## **3- Les types de viande hachée :**

### **3.1- Les viandes hachées à la demande**

Les viandes doivent être destinées au hachage sur le champ à la demande et à la vue même de l'acheteur et ceci essentiellement pour des raisons microbiologiques, et doivent être entreposées en chambre froide jusqu'au moment de préparation de leur hachage **(Boudjellal, Mati, 2009)**.

### 3.2- Les viandes hachées à l'avance

Les viandes hachées à l'avance doivent être surgelées ou réfrigérées et conditionnées. Les viandes réfrigérées conservées à une température entre 0°C et +3°C, et doivent être utilisées pour fabrication des viandes hachées à l'avance au maximum de 2- 6 jours après leur réfrigération et vente au consommateur.

Les viandes surgelées ou congelées conservé à une température à – 18 °C et doivent être utilisées pour la fabrication des viandes hachées à l'avance au maximum 6-9 mois après surgélation ou congélation et vente au consommateur (**JORA.1999**).

## 4- La qualité microbiologique de la viande hachée

La viande étant une denrée périssable, elle a été traditionnellement considérée comme le véhicule de nombreuses maladies d'origine alimentaire chez l'homme (**Fosse et al., 2006**). Sa composition en eau et en protéines de haute valeur biologique fait qu'elle est une niche très favorable au développement des microorganismes (**Benaïssa, 2011**). De même, la transformation de l'animal vivant en carcasse puis en viande s'accompagne généralement d'une contamination de microbes au cours du procédé (**Cartier, 2004**).

### 4.1- Principaux germes contaminant la viande et la viande hachée

La microflore des viandes est composée essentiellement des germes saprophytes ou les indicateurs d'hygiène. La contamination par les germes pathogènes n'apparaît que rarement (**Cartier et Moëvi, 2007**).

#### 4.1.1- Les germes saprophytes ou indicateurs d'hygiène :

##### 4.1.1.1- les germes totaux ou Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT), aussi appelée Numération sur Plaque Aérobic (NPA).

La Flore Mésophile Aérobic Totale (**FMAT**) **représente** l'ensemble des microorganismes qui se développent de manière optimale à une température de 30°C en présence d'oxygène. Cette analyse est communément utilisée pour évaluer la qualité microbiologique générale des produits alimentaires. Elle inclut diverses espèces bactériennes et fongiques présentes dans les échantillons alimentaires

La mesure de la **FMAT** constitue un indicateur d'hygiène important qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (unité formant colonie), ce dénombrement se fait à 30°C pendant

72 heures (LHL, 2024). Les colonies de **FAMT** se présentent sous forme lenticulaire en masse

**Flore Aérobie** : Bactéries se développant en présence d'oxygène.

**Mésophile** : Bactéries se multipliant à des températures modérées (20-45°C, idéalement 30-37°C).

**Totale** : Compte global des micro-organismes viables (Bactéries, levures, moisissures)

La charge microbienne d'une viande fraîche normale est de  $10^3$ - $10^5$  UFC/g. une viande avariée altérée exprime un taux de  $10^6$  - $10^8$  UFC/g, ce qui provoque un risque sanitaire accrue (ISO 4833-1).

#### 4.1.1.2- Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont un groupe de bactéries gram négatives, en forme de bâtonnets facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose avec production de gaz à 35-37°C en 48 h. leur présence dans la viande sert d'indicateur d'hygiène et peut révéler :

- Une contamination fécale (origine intestinale)
- Des défaillances dans les bonnes pratiques d'hygiène (abattage, hachage)
- Une mauvaise maîtrise de la chaîne de froid

##### ➤ Sources de Contamination Spécifiques

- **Matériel de hachage** (couteaux, broyeurs mal nettoyés)
- **Manipulations multiples** (mains, surfaces de travail)
- **Mélange de différents lots** (dilution du risque ou contamination croisée)
- **Température élevée** pendant le hachage (si non maîtrisée)

##### ➤ Profil microbiologique typique

- Viande hachée fraîche:  $10^2$ - $10^3$  UFC/g
- Seuil d'alerte : supérieur  $10^4$  UFC/g
- Niveau critique : supérieur  $10^5$  UFC/g

Tableau 7 : Les coliformes totaux comprennent principalement (ISO 4831-1)

| Genre               | Exemple             | Origine             |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| <i>Escherichia</i>  | <i>E.coli</i>       | Fécale              |
| <i>Klebsiella</i>   | <i>K.pneumoniae</i> | Environnement/fèces |
| <i>Enterobacter</i> | <i>E.cloacae</i>    | Sol/eau             |
| <i>Citrobacter</i>  | <i>C.Freudii</i>    | Environnement       |

**Remarque :** seul *E. coli* est un marqueur fiable de contamination fécale. Les autres sont souvent d'origine environnementale.

### 3. Pourquoi les Mesurer dans la Viande ?

- **Indicateur d'hygiène :** Une charge élevée révèle :
  - Défaillance des bonnes pratiques (abattage, hachage)
  - Contamination croisée (surfaces, outils)
  - Rupture de la chaîne du froid
- **Risque indirect :** Corrélation avec la présence potentielle de pathogènes (*Salmonella*, *Listeria*)

#### 4.1.1.3- Levures

Les levures sont des micro-organismes **eucaryotes** (champignons unicellulaires) pouvant coloniser la viande hachée. Elles jouent un rôle dans l'altération des produits carnés

#### Origine des Levures dans la Viande Hachée

- **Contamination primaire :** Peau, intestins de l'animal.
- **Contamination secondaire :**
  - Manipulation (mains, surfaces, équipements).
  - Environnement (air, eau, emballages).
- **Additifs :** Certaines épices ou conservateurs peuvent en contenir.

## Les principales espèces de levures détectées dans la viande hachée

| Genre               | Exemple                | Impact                                    |
|---------------------|------------------------|-------------------------------------------|
| <i>Candida</i>      | <i>C. zeylanoides</i>  | Altération (odeur aigre)                  |
| <i>Debaryomyces</i> | <i>D. hansenii</i>     | Résistant au sel, utilisé en fermentation |
| <i>Rhodotorula</i>  | <i>R. mucilaginosa</i> | Pigmentation rose /jaune                  |
| <i>Yarrowia</i>     | <i>Y. lipolytica</i>   | Dégradation des lipides (rancissement)    |
| <i>Cryptococcus</i> | <i>C. laurentii</i>    | Indicateur de mauvaise hygiène            |

## Conditions de leur croissance :

- **Température** : 0–35°C (certaines croissent même à 4°C).
- **pH** : 4,5–7,5 (tolèrent des pH plus bas que les bactéries).
- **Activité de l'eau ( $a_e$ )** : >0,90 (mais certaines résistent à des  $a_e$  plus basses).
- **Oxygène** : Majoritairement aérobies, mais certaines tolèrent des milieux pauvres en O<sub>2</sub>.ISO 21527.

## Seuils Indicatifs

- **Viande fraîche normale** :  $10^2$ – $10^4$  UFC/g.
- **Viande altérée** :  $>10^5$  UFC/g.

## Effets sur la Viande Hachée

## A) Altération (Détérioration)

- **Odeurs anormales** (aigre, fermenté, alcoolisé).
- **Changement de texture** (mou, visqueux).
- **Coloration** (taches roses, jaunes ou noires).
- **Production de gaz** (gonflement des emballages sous vide).

## 4.1.1.4- Moisissures

Les moisissures sont des **champignons filamenteux** qui peuvent contaminer la viande hachée. Bien que moins fréquentes que les bactéries, elles posent des problèmes de **qualité** et

parfois de **sécurité sanitaire** (Guiraud, 2012). ce sont des indicateurs de mauvaise conservation et peuvent présenter des risques toxiques. Leur présence est souvent liée à :

Origine des moisissures dans la viande hachée

- **Contamination primaire**
  - Animal malade ou stressé avant l'abattage.
  - Environnement de l'abattoir (air, surfaces humides).
- **Contamination secondaire**
  - Manipulation (mains, équipements, épices).
  - Stockage inadéquat (humidité, température > 4°C).

#### Principales moisissures rencontrées dans la viande hachée.

| Genre               | Espèce                | Impact                         | Risque toxique                       |
|---------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Penicillium</i>  | <i>P. nalgiovense</i> | Altération<br>(odeur terreuse) | Certaines produisent des mycotoxines |
| <i>Aspergillus</i>  | <i>A. flavus</i>      | Taches vertes et<br>noires     | Production d'aflatoxines cancérigène |
| <i>Cladosporium</i> | <i>C. herbarum</i>    | Taches noires                  | Risque allergène                     |
| Mucor               | <i>M. racemosus</i>   | Texture<br>duveteuse           | Opportuniste chez l'homme            |
| Rhizopus            | <i>R. stolonifer</i>  | Pourriture noire               | Non toxique mais gâche le produit    |

#### Conditions de développement

-Température : 0-30°C (certaines croissent même au réfrigérateur).

Humidité : activité de l'eau (aw) > 0.85 (viande hachée = aw = 0.95)

Oxygène : besoin d'air (croissance réduite sous vide).

pH : 3,0-8,0 (tolèrent un large spectre).

#### Altération visible

Coloration : taches vertes (*Penicillium*), noires (*Aspergillus*), ou blanches (*Mucor*).

Odeur : terreuse, moisi, ammoniacale.

Texture : Duveteuse ou visqueuse.

#### Risques sanitaires

Mycotoxines (ex. : aflatoxines, ochratoxines). elles sont cancérigènes à long terme.

Allergies (spores inhalées lors de la manipulation).

Infections opportunistes (ex. : mucormycose chez les immunodéprimés).

Comment Prévenir la Contamination ?

Mesures en Abattoir et Boucherie

✓ **Contrôle de l'humidité** (<70% RH dans les zones de stockage).

✓ **Nettoyage approfondi** (fongicides comme l'acide *peracétique*).

✓ **Emballage sous vide ou MAP** (atmosphère modifiée avec CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>).

Chez le Consommateur

- **Conserver à  $\leq 4^{\circ}\text{C}$  et consommer sous 48h.**
- **Jeter la viande** en cas de taches ou d'odeur suspecte.
- **Éviter de laver la viande** (propagation des spores).

#### 4.2- Flore pathogène

La viande hachée est particulièrement vulnérable aux contaminations microbiennes en raison de :

- Sa surface accrue d'exposition et de la rupture des barrières musculaires naturelles (surface de contact augmentée)
- le mélange potentiel de différents lots de viande
- les multiples manipulations lors de la préparation

##### 4.2.1- Principaux microorganismes pathogènes

**Tableau 8 : les principaux microorganismes pathogènes**

| Pathogènes             | Danger principal                           | Source de contamination         | Température critique           |
|------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <i>E. coli</i> O157:H7 | <b>Syndrome hémolytique-urémique (SHU)</b> | <b>Tube digestif des bovins</b> | <b>Survit à la congélation</b> |
| <i>Salmonella</i> spp  | <b>Salmonellose (gastro-</b>               | <b>Environnement, autres</b>    | <b>Croissance : 5-</b>         |

|                               | entérite)                            | viandes                          | 47°C                          |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| <i>Listeria monocytogenes</i> | Listériose –risque fécale)           | Sol, eau, surface                | Croît à 0-4°C                 |
| <i>Staphylococcus</i>         | Intoxination (toxines thermostables) | Manipulateurs, mains             | Produit des toxines à 10-45°C |
| <i>Campylobacter jejuni</i>   | Gastro-entérite aigue                | Contamination croisée (volaille) | Sensible au froid             |

#### 4.2.2- Le pouvoir pathogène

##### 4.2.2.1- *Escherichia coli* (EHEC)

*Escherichia coli* fait partie des *Enterobacteriaceae*. Ce sont très courts bâtonnets mobiles, peut se déplacer à travers les flagelles péritriches, Gram négatifs, non sporulés, anaérobies facultatifs. Ils peuvent fermenter Plusieurs types de sucre, mais leur processus de fermentation le lactose a la particularité de produire du gaz (Salifou et al.,2013)

##### 4.2.2.2-Salmonella spp :

Bactérie Gram négative, en forme de bâtonnet, pourvu de flagelles. survie dans l'environnement (jusqu'à plusieurs mois), résistante à la congélation ; sensible à la chaleur (détruite à une température de + de 70°C). Se transmet par contamination fécale, la peau contaminée au cours de l'abattage. Les hachoirs mal désinfectés et l'eau de lavage non potable ainsi que la rupture de chaîne du froid (>4°C) (OMS, 1988).

##### 4.2.2.3-Staphylococcus aureus : risque toxique Majeur.

Bactérie Gram-positive. Cocci en grappes. Coagulase-positive. Production d'entérotoxines thermostables (résistantes à 100°C/30min même après destruction des bactéries. Prévalence dans le bœuf haché (15-20% des échantillons). La dose infectieuses  $10^5$ -  $10^6$  UFC/g.

#### 4.2.2.4-*Clostridium sulfito-réducteur*

Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts sporulés. Les *Clostridium* sulfito – réducteurs. Ils réduisent les sulfites en sulfures (noircissement des milieux). ce sont des bactéries commensales de l'intestin ou saprophytes du sol ; comme test de contamination fécale éventuellement ancienne vu la résistance des spores à l'extérieur, marqueur de mauvaise qualité hygiénique (**Poumeyrol et Popoff , 2006**).

#### 4.2.2.5- *Listeria monocytogene*

Il s'agit d'une bactérie intracellulaire facultative qui se présente sous forme d'un bacille à gram positif, non sporulé, non capsulé, aéro-anaérobie facultatif. mobile à 25°C (flagelles) ubiquitaire (sol, végétaux eau). Catalase positive, oxydase négative, *Listeria* fermente de nombreux glucides sans production de gaz. les souches de *Listeria* sont généralement hémolytiques. Sa température optimale de croissance est comprise entre 30-37°C, mais elle peut survivre et se multiplier à 4°C (réfrigérateur), résiste à la congélation (-18°C) tolère des pH de 4 (**Kay et al, 2002**)

### 5- L'évolution microbiologique sur les viandes hachées

L'évolution des germes de contamination sur les viandes hachées est fonction d'un certain nombre de paramètres dont les plus importants sont : le pH, nutriments, l'activité de l'eau, Tension d'oxygène, température.

#### 5.1- Potentiel d'Hydrogène (pH) :

La majorité des micro-organismes se développent sur des milieux dont le pH se situe de 6,6 à 7,5. Le pH est compris entre 5,4 et 5,6 dans le muscle, il augmente durant le stockage (**Mancini et Hunt, 2005**).

#### 5.2-Tension d'oxygène :

La viande hachée étant une denrée suffisamment aérée favorise la multiplication des germes aérobies. Et la croissance en anaérobiose est plus lente que la croissance en aérobiose (**Mancini et Hunt, 2005**).

#### 5.3-Nutriments :

La viande hachée par sa richesse en eau et en protéines représente toujours un milieu privilégié pour la croissance microbienne (**Dennai et al, 2001**).

#### 5.4-L'activité de l'eau (Aw) :

La disponibilité en eau est mesurée en terme d'activité de l'eau (Aw), qui représente le rapport entre l'humidité relative de l'air au-dessus d'une solution test et celle de l'eau distillée. La plupart des bactéries se développent bien pour des Aw comprises entre 0.99 et 0.98. Les germes pathogènes sont inhibés pour les valeurs inférieures à 0.94 sauf *Staphylococcus aureus* (Jay et al 2005) .

#### 5.5-Température :

Lors du stockage réfrigéré, seuls les germes superficiels peuvent évoluer. Les germes psychrophiles se multiplient d'autant plus lentement que la température est basse, alors que les germes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires sont limités par ces températures basses et pourront retrouver leur pouvoir au retour des températures ambiantes (Rosset R et Roussel-Ciquard, 1985).

#### 6-Maladies pouvant être associées à la consommation de la viande hachée contaminée :

La présence des germes pathogènes (*Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Coliformes fécaux*, *Salmonella*,) dans la viande hachée peut provoquer des maladies d'origine alimentaires moins ou plus grave sur la santé du consommateur. On distingue trois types des maladies :

##### 6.1- Toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) :

Une TIAC est une maladie contractée par un groupe de personnes qui présente la même symptomatologie suite à l'ingestion denrées alimentaires (liquides ou solides). Les TIAC sont des maladies à déclaration obligatoire.

Une toxi-infection alimentaire ne survient que lorsqu'une dose toxique minimale, ou dose infectieuse, est dépassée, et elle dépend de l'état de santé de la personne infectée. Le microorganisme pénètre dans le tractus intestinal et engendre des troubles gastro-intestinaux typiques, peut aussi quelque fois passer dans le circuit sanguin et provoquer une bactériémie et septicémie passagères (Zigh et al, 2024).

Les agents infectieux les plus souvent en cause sont les bactéries (*Salmonella*, *staphylococcus*, *Clostridium*, *Camphylobacter*) et certains virus comme les rota virus (Zigh et al , 2024).

## 6.2-Intoxications alimentaires :

Les intoxications alimentaires résultent de l'ingestion d'aliments contaminés des germes qui prolifèrent dans l'aliment et ou dans le tube digestif du consommateur. Ces germes peuvent être pathogènes ou reconnus normalement non pathogènes. Les microorganismes responsables sont : *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* et *Bacillus cereus*.

La multiplication des bactéries pathogènes peut produire des substances toxiques spécifiques (toxines, enzymatiques pouvant favorisant un pouvoir infectieux), mais aussi des catabolites toxiques. Ces toxines peuvent engendrer des vomissements, des problèmes intestinaux, de la diarrhée et même la mort. Et c'est généralement dû à une contamination par manque d'hygiène suivie d'un séjour prolongé à une température ambiante (Guiraud et al , 2012).

## 6.3-Intoxinations alimentaires :

Elles sont provoquées par des micro-organismes qui secrètent ou libèrent une ou plusieurs toxines dans l'aliment (toxine botulique, toxine staphylococcique, mycotoxines). Dans ce cas ce n'est pas la présence du germe est importante mais celle de la toxine, car le micro-organisme producteur peut disparaître mais la toxine peut persister (Zigh et al, 2024).

### 6.3.1- Salmonelloses :

Les salmonelloses sont des infections universellement répandues. Lorsque certaines conditions d'hygiènes ne sont pas respectées, l'homme peut en être également victime ; c'est le cas de toxi-infections alimentaires ou de gastro-entérites observées à la suite de la consommation de viande et des ovo-produits contaminés.

La salmonellose est causée par une bactérie appelée salmonella. La plupart des personnes infectées par salmonella développent de la diarrhée, de la fièvre et des crampes abdominales dans les 12 à 72 heures suivant l'infection. Elles peuvent entraîner des bactériémies et se compliquer de septicémies ou de localisations secondaires extra-digestives qui font la gravité de la maladie. Les signes vont durer spontanément 2 à 3 jours pour disparaître rapidement (Zigh et al 2024).

### 6.3.2- Campylobactériose:

Les campylobacters sont des bactéries retrouvées dans le tube digestif des volailles principalement et des animaux de boucherie (bovins, ovins) (Bailly et al, 2012).

Elles sont à l'origine d'une zoonose bactérienne désignée sous le nom Campylobactériose (Afssa, 2006). Toutes les espèces de *Campylobacter* sont multi-résistantes à de nombreux antibiotiques et notamment à des antibiotiques de dernière génération (OIE, 2008).

Les *Campylobacters* peuvent être responsables d'une toxi-infection alimentaire chez l'homme. Les symptômes apparaissent après une phase d'incubation assez longue, allant le plus souvent de 2 à 5 jours. Il s'agit d'une fièvre, de céphalées ainsi que de troubles digestifs caractérisés par des douleurs abdominales et une diarrhée abondante, voire parfois sanglante. L'évolution est le plus souvent favorable en 2 à 5 jours.

Et c'est généralement dû à une contamination par manque d'hygiène suivie d'un séjour prolongé à une température ambiante (Guiraud, 1998).

#### **6.3.3- Maladie due à *Staphylococcus aureus* :**

Les intoxications alimentaires staphylococciques résultent de l'ingestion d'une entérotoxine thermostable pré-sécrétée dans l'aliment. La contamination de ces différents aliments est due en général à des manipulations par des malades atteints de lésions staphylococciques ou par des porteurs de germes. L'ingestion de ces entérotoxines provoque dans un délai court de 2 à 4 heures en moyenne, des troubles digestifs, des crampes abdominales, vomissement, des nausées et absence de fièvre, de troubles neurologiques, et parfois accompagnés de diarrhée liquide profuse et plus rarement d'un choc hypovolémique. La maladie est en général courte mais éprouvante, avec un rétablissement complet en 1 à 2 jours (Zigh, et al, 2024)

# ***Partie expérimentale***

# *Matériel et Méthodes*

### **L'objectif de l'étude**

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité hygiénique et la sécurité microbiologique de la viande hachée de bœuf, en mettant en lumière les risques associés aux contaminants biologiques

- 1- Évaluer la qualité microbiologique en quantifiant la charge bactérienne totale des germes saprophytes et pathogènes spécifiques (*Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, etc...).
- 2- Comparer les résultats obtenus avec les seuils réglementaires nationaux et internationaux.
- 3- Analyser l'impact de la santé animale, des conditions d'élevage, et des pratiques d'abattage (hygiène des outils, contamination croisée).
- 4- **Évaluer les étapes critiques de la chaîne alimentaire** : (les conditions de transport, de stockage « respect de la chaîne du froid » et la durée de conservation.
- 5- Évaluer les risques sanitaires pour le consommateur, en estimant les risque d'intoxication alimentaires (ex : toxi-infections à *Staphylococcus aureus*).
- 6- Proposer les mesures correctives par amélioration des bonnes pratiques d'hygiène dans les abattoirs et chez les détaillants.
- 7- Sensibiliser **les acteurs de la filière** (formation aux normes **HACCP**).

## 2-Matériel et Méthodes :

### 2.1- Matériel

#### 2.1.1- Matériel biologique (Echantillonnage)

L'étude a porté sur **80 échantillons** de viande hachée fraîche de bœuf, collectés dans des boucheries de la ville de **Tiaret (Algérie)**. Les prélèvements ont été réalisés selon un plan d'échantillonnage saisonnier :

- **40 échantillons** en saison chaude (**mai -juillet 2018**).
- **40 échantillons** en saison froide (**décembre-février 2019**).

#### Protocole de prélèvement

- Chaque échantillon (**100 g**) a été prélevé **aseptiquement** au moment de l'achat, directement après le hachage.
- Les échantillons ont été transportés sous **réfrigération (4°C)** dans des sacs stériles jusqu'au laboratoire, pour des ultérieures analyses.

#### Préparation des échantillons

Les analyses microbiologiques ont suivi le protocole standardisé :

1. **Homogénéisation** des échantillons dans une solution peptonée tamponnée (**0,1%**).
2. **Dilutions décimales** réalisées selon la norme **ISO 6887-2 :2003**.
3. Ensemencement sur milieux de culture spécifiques pour l'analyse microbiologique.

#### Justification méthodologique

- Le choix des saisons (chaude et froide) permet d'évaluer l'impact des **variations climatiques** sur la charge microbienne.
- La taille d'échantillon (n=80) et la répartition égale entre saisons assurent une **puissance statistique** suffisante pour les comparaisons.

## 2.1.2- matériel non biologique

| Matériel de pesée                  | Matériel de stérilisation et d'incubation                                                                                                             | Matériel d'analyse Bactériologiques                                                                                                                                                         | Autres                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| -Balance électronique de précision | - <b>Autoclave</b> (stérilisation du matériel).<br><br>-Four Pasteur<br><br>-Trois étuves réglées à trois températures différentes : 30°C, 37°C, 44°C | -Milieu de culture*<br><br>-Réactifs<br><br>-Boite de pétri<br><br>-Pipettes graduées<br><br>-Pipettes pasteur<br><br>-Tubes à essai<br><br>-Erlenmeyers<br><br>-Eprouvettes<br><br>-vortex | -Bec bunsen<br><br>-Bain marie<br><br>- Pincés<br><br>-Ciseaux<br><br>-Marqueurs<br><br>-Glacière<br><br>-Sachet stériles<br><br>-désinfectants (Ethanol 90°)<br><br>-Port tubes (portoir<br><br>-Papier aluminium -- stérile<br><br>Réfrigérateur<br><br>-microscope optique<br><br>-Gants nitrile stériles<br><br>-Blouse et masque de protection |

### 2.1.3- Références Normatives

Selon le journal officiel de la république Algérienne (**J.O.R.A**) N° 35 de 27Mai 1998, On recherche les germes spécifiques.

- Flore Aérobie Mésophile Total (FAMT): **ISO 4833-1:2013**
- Coliformes totaux : **ISO 4832 :2006**
- Coliformes fécaux : **ISO 15213 :2003**
- CSR : **ISO 15213 :2003**
- Staphylocoques aureus : **ISO 6888-1 :2021**
- Levure et moisissures : **ISO 21527-1 :2008**
- (*Salmonella*) : **ISO 6579 :2017**

## 2.2-méthodes

### 2.2.1-méthodes d'analyse et bactéries recherchées dans les viandes hachées

Les germes recherchés dans les viandes hachées appartiennent au groupe des germes suivants : la Flore Mésophile Aérobie Totale, les coliformes thermo- tolérants en général et *Escherichia coli* en particulier, les Staphylocoques et Clostridium présumés pathogènes, les levures et les moisissures ainsi que les *Salmonella*.

#### 2.2.1.1-Préparation de la suspension mère $10^{-1}$ : (ISO 6887-2)

Pour cette opération 25 g de viande hachée ont été pesés aseptiquement sur une balance et introduits stérilement dans 225 ml TSE (Tryptone Sel Eau). L'homogénéisation du contenu a été effectuée pendant 1 à 2 minutes à l'aide d'un broyeur (vortex). Une filtration a été réalisée par un papier filtre, le filtrat obtenu est appelé **la solution mère ( $10^{-1}$ )** qu'on laisse reposer pendant 25 minutes pour les produits frais et 45 minutes pour les produits congelés. Ce repos favorise la revivification des bactéries dont le développement a été ralenti ou inhibé sous l'action du froid et du broyage. Des séries de dilution sont ensuite réalisées pour faciliter le dénombrement.

#### 2.2.1.2- préparation des dilutions :

Une série de dilutions a été effectuée à partir de la solution mère. A partir d'une pipette graduée stérile 1 ml de la solution mère a été prélevé et introduit dans le 1<sup>er</sup> tube contenant 9 ml de TSE. On obtient ainsi la dilution  $10^{-2}$ . Ainsi de suite, les dilutions décimales  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,

$10^{-5}$ , etc, ont été réalisées de la même manière ; L'agitation a été réalisé jusqu'à la dernière dilution. Les pipettes sont systématiquement changées d'une dilution à l'autre pour éviter un transfert de la charge bactérienne d'un tube à l'autre. Agiter la suspension avant, prélèvement (les bactéries peuvent sédimenter).

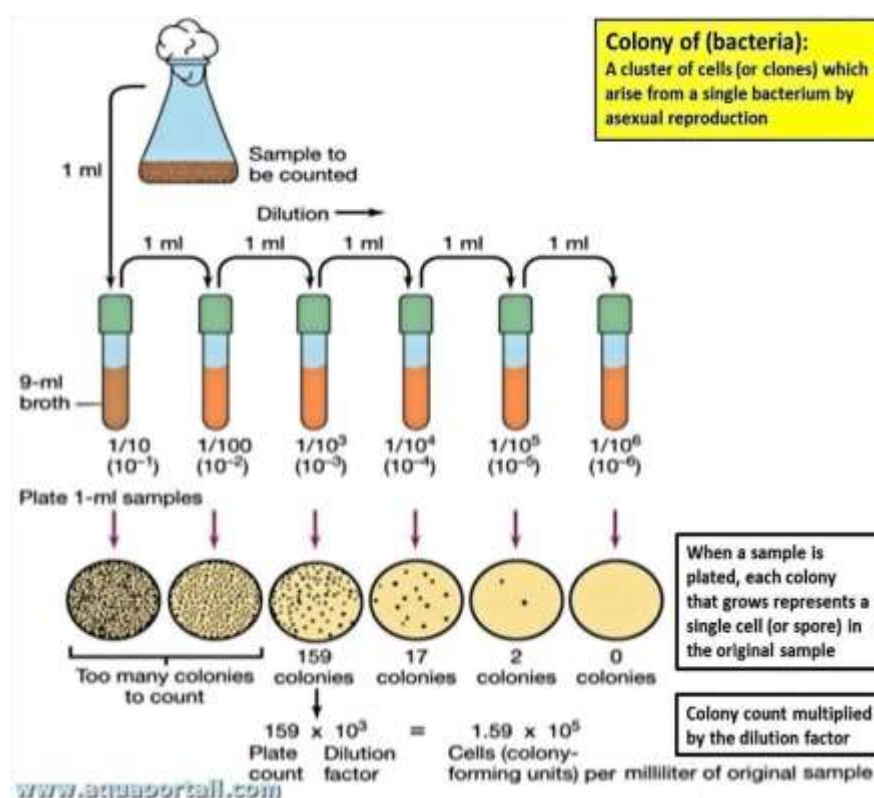


Figure 16 : les étapes de la préparation des dilutions décimales

### 2.2.1.3- Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FAMT) à 30°C :

#### - Protocol expérimental

Ce sont des microorganismes aptes à se multiplier entre 25 et 40°C avec un optimum à 30°C.

Le milieu de culture utilisé est la gélose standard pour dénombrement ou Plate Count Agar (PCA) (annexe 1). Les ensemencements sont effectués avec des dilutions décimales de la solution mère de départ, 1 ml de chaque dilution est prélevé puis introduit dans une boîte de Pétri stérile. On y coule ensuite 10 à 15 ml de PCA préalablement préparé et ramené à 45°C. L'inoculum et le PCA sont alors homogénéisés par des mouvements de rotation de la boîte de Pétri puis séchés. Après solidification, une deuxième couche est coulée pour empêcher le

développement d'éventuelles flores de contamination superficielle. Les boîtes sont ensuite incubées à l'étuve +30°C pendant 48 à 72 heures. Les colonies blanchâtres ayant poussés en profondeur sont dénombrées. On obtient le nombre exact de germes par gramme de viande en appliquant la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma c}{V \times [n1 + (0,1 \times n2)] \times d}$$

$\Sigma C$  = la somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues de 2 dilutions successives (les boîtes retenues doivent en avoir entre 15 et 300 CFC).

$V$  = le volume de l'inoculum ensemencé en ml (généralement 1 ml)

$n1$  = le nombre de boîtes retenues à la première dilution

$n2$  = le nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

$d$  = la dilution correspondant à la première dilution retenue.

Les résultats sont exprimés en unités formant colonie par gramme de viande (UFC/g)

Cette formule est valable aussi pour le dénombrement des autres germes étudiés.

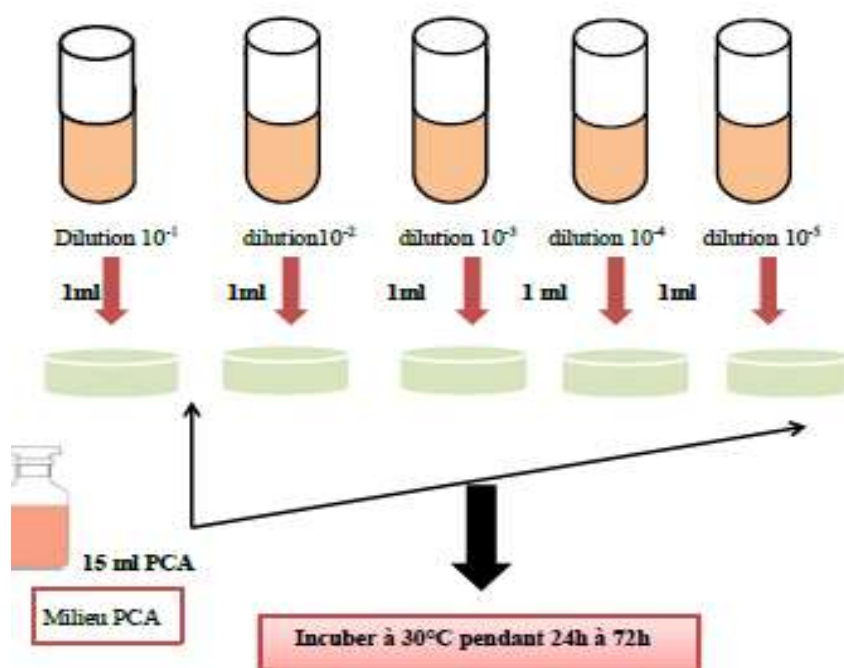


Figure 17 : Dénombrement de la flore mésophile totale

## 2.2.1.4- Recherche et dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

### 2.2.1.4.1- Dénombrement des coliformes tolérants (CT)

Le milieu de culture utilisé est la gélose Lactosée à la Bile au Cristal Violet et au Rouge Neutre (**VRBL**). Les dilutions utilisées sont  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ .

A la proximité de la flamme d'un bec Bunsen, **1ml** de la solution mère est ensemencé en masse dans une boîte de Pétri vide et stérile préparée à cet usage et repérée. Couler ensuite environ **15ml** du milieu **VRBL** (**Violet Red Bile Lactose agar**) en surfusion.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose, laisser solidifier sur la paillasse. Une fois que le milieu est solidifié, on rajoute une seconde couche de la même gélose pour la protéger contre les diverses contaminations et éviter l'étalement des colonies. Ce qui permet aussi un meilleur dénombrement.

Les boîtes seront incubées à **37°C** pendant **24 à 48 heures**, en faisant une première lecture après 24 heures et seules sont comptées les colonies rouge vif à rosâtre.

### 2.2.1.4.2- Dénombrement des coliformes fécaux (CF)

#### Principe

Ce groupe bactérien diffère des coliformes totaux par son aptitude à fermenter le lactose avec la production de gaz à **44.5°C** sur milieu **VRBL**.

#### Protocol expérimental

Le dénombrement des *Coliformes fécaux* est réalisé sur un milieu sélectif gélosé VRBL (Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) (**Figure 24**).

#### Technique :

- ✓ Fondre la gélose **VRBL** dans un bain marie à **100 °C** et laisser refroidir à **45 °C**.
- ✓ A partir des dilutions décimales  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-4}$ , 1 ml est prélevé de chaque dilution à l'aide d'une pipette graduée stérile, et versé dans des boîtes de pétris stérile au fond sous forme des gouttes bien identifiée.

Couler **10 à 15 ml** de la gélose **VRBL** dans des boîtes de pétries contenant des dilutions  **$10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$** , et laisser prendre une masse.

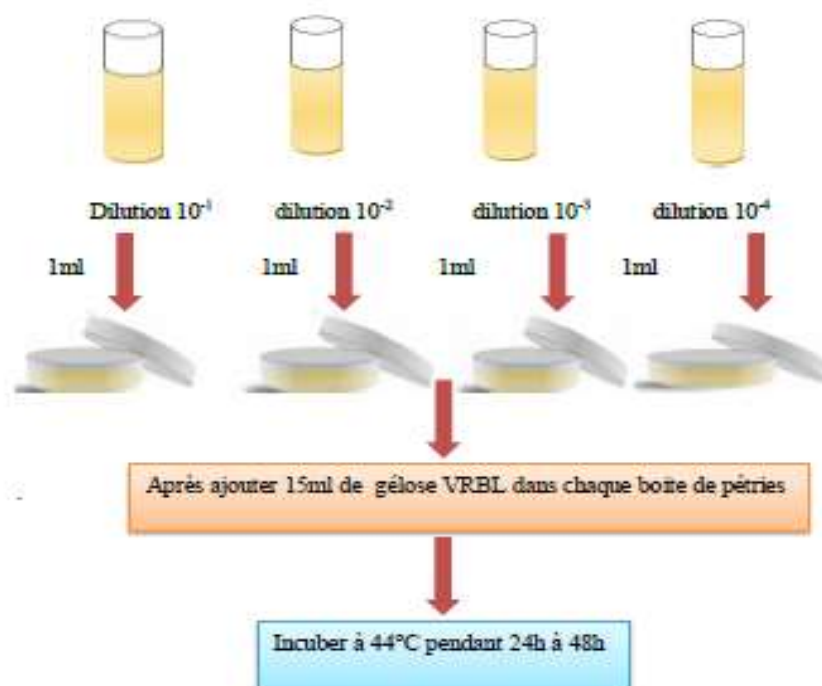
- ✓ L'inoculum est homogénéisé bien au milieu de la culture par des mouvements circulaires en forme de « 8 » jusqu'à solidification.

#### Incubation :

Les boîtes de pétri ont été incubées à l'étuve réglée à **44°C** pendant **24 à 48 heures**.

**Lecture :**

La lecture est faite après **24h à 48h** d'incubation par le comptage des colonies rouge foncé et le résultat est exprimé en unité UFC/gr.



**Figure 18 : dénombrement des germes coliformes fécaux (CF)**

**2.2.1.5- Recherches et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteur* (CSR) :**

Le milieu utilisé est la gélose viande-foie (VF), additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer, l'action des germes sulfito-réducteur (*Clostridium*) conduit à la réduction de sulfite de sodium

**Mode opératoire**

Les *Clostridium sulfito-réducteur* Se cultivent sur les milieux ordinaires, ils sont capables de sporuler (Guiraud et al, 2004).

- ✓ On utilise la gélose viande-foie (gélose VF)
- ✓ On prend quatre tube deux tubes contenant 1 ml de la suspension de la dilution  $10^{-1}$  et deux tubes de la dilution de  $10^{-2}$
- ✓ Chauffer au bain marie réguler à **80°C** pendant **10 min**, ensuite refroidir sous l'eau courante encore à **10 min**. Dans ces conditions, la destruction des formes végétatives est assurée.

- ✓ On ajoute dans chaque tube **0,5 ml** de solution à 5% de sulfite de sodium et deux à trois gouttes de solution d'alun de fer à 5%, puis on ajoute de la gélose **VF** jusqu'à ce que le tube soit plein.

**Incubation :**

Les tubes seront ensuite incubés à **44°C** pendant **24 à 48 heures**.

**Lecture :**

Les colonies noires signifient la présence des *Clostridium Sulfito-réducteurs*.

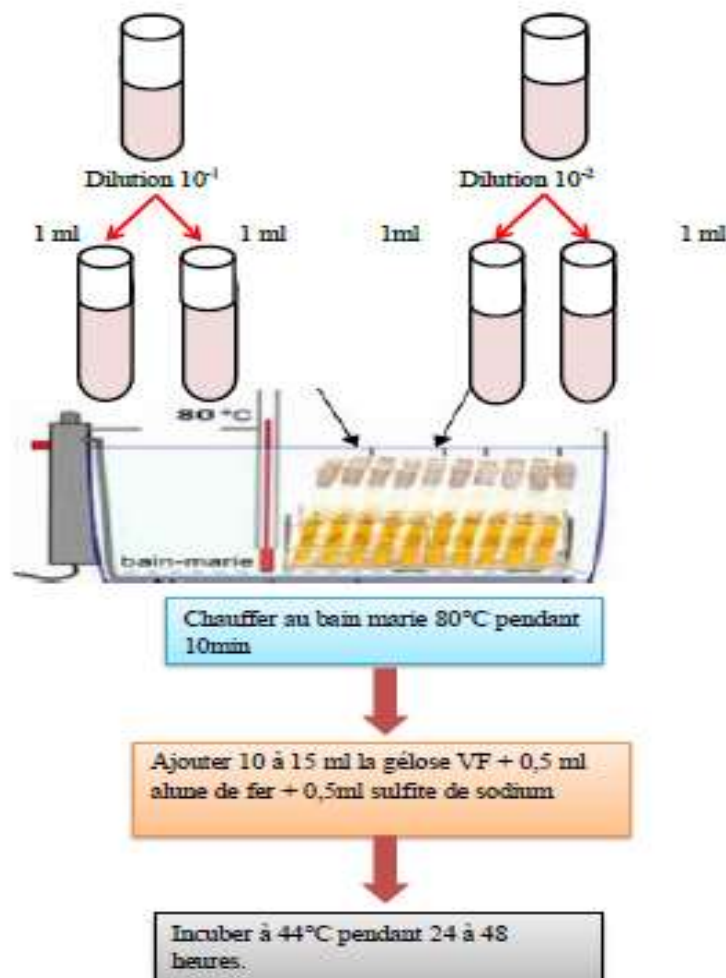


Figure 19 : les différentes étapes du dénombrement des clostridiiums sulfito-réducteurs

### 2.2.1.6- Recherche et dénombrement des staphylocoques aureus

Les *Staphylococcus aureus* considérés comme indicateurs d'une contamination d'origine humaine ou animale.

Pour le dénombrement de *Staphylococcus aureus* nous avons utilisé la gélose sélective de **Baird Parker**.

- ✓ Fondre la gélose dans un bain marie à **100°C** et laisser solidifier à **45°C**.
- ✓ A partir des dilutions décimales  $10^{-1}$  jusqu'à  $10^{-3}$  porter aseptiquement 1ml et mettre dans la surface de la boîte de pétri contenant la gélose, puis ensemer à l'aide d'une pipette pasteur stérile sous forme râteau.

#### **Incubation :**

Incuber les boîtes de pétries à **37 °C** pendant **24 à 48 heures**.

#### **Lecture :**

- ✓ Les *Staphylococcus aureus* donnent des colonies noires (réduction de **tellurite** en **tellure**) bombées et entourées d'un **halo clair** dû à la protéolyse des protéines (**lécithines**) de **jaune d'œuf**. Leur taille est de **0,5 à 2 mm**, avec aspect brillant
- ✓ Si la présence de *Staphylococcus aureus* on utilise les tests de catalase et de la coagulase pour la confirmation.

#### **1.1. Test de catalase :**

- ✓ L'enzyme de catalase dans la bactérie produit à l'aide peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ).
- ✓ L'effet de l'enzyme de catalase est la décomposition de peroxyde d'hydrogène et transférer en eau et oxygène libre.
- ✓ La souche bactérienne de 24h est prélevée par une pipette Pasteur stérile
- ✓ Placer la colonie sur une lame en verre de microscope et ajouter 2 gouttes de peroxyde d'hydrogène **30% ( $H_2O_2$ )**.
- ✓ Si un dégagement gazeux sous forme de bulles d'oxygène est produit, cela indique la présence de l'enzyme catalase caractéristique de *Staphylococcus aureus*.

#### **1.2. Test de coagulase :**

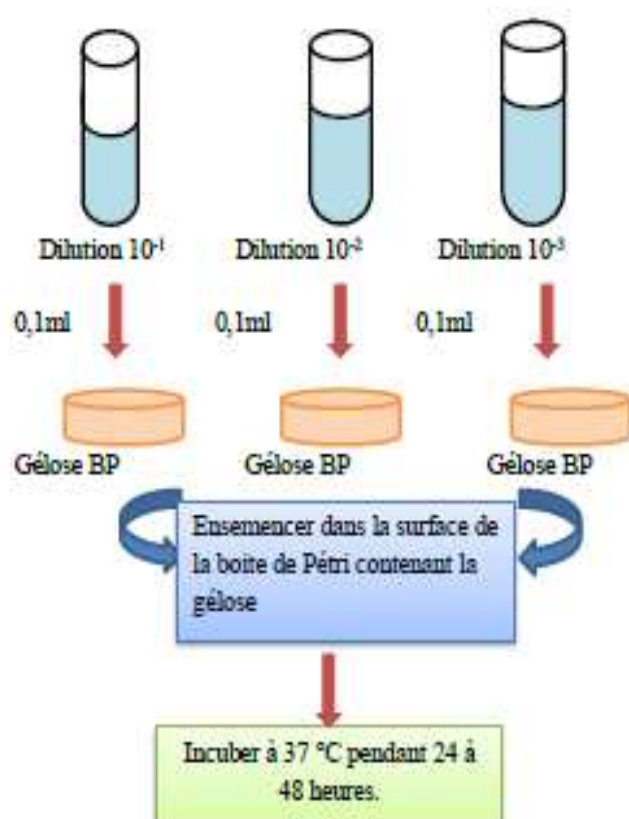
L'enzyme de coagulase libérée par *Staphylococcus aureus* dans le milieu. Cette enzyme a la capacité de coaguler le plasma de lapin.

- ✓ A l'aide d'une seringue jetable, déposer 3 gouttes de plasma de lapin dans un tube en verre stérile.
- ✓ Prélever 5 colonies de *Staphylococcus* et ajouter dans un tube de BHIB (bouillon cœurs cerveau).
- ✓ Ensuite incuber à 37°C pendant 24 heures.
- ✓ Dans autre tube mélanger un volume de plasma de lapin avec même volume du bouillon BHIB préparé l'agitation est importante.

- ✓ Incuber 37°C pendant 6 à 24heures.

**Lecture:**

- ✓ S'il y'a une production d'un caillot cela indique une réaction de coagulase positive.
- ✓ Les différentes étapes du dénombrement des *Staphylococcus aureus* sont présentées dans la **figure 27** :



**Figure 20 : Dénombrement des staphylococcus aureus**

### 2.2.1.7-Recherche et dénombrement des moisissures et des levures

**Moisissures** : microorganismes filamenteux aérobie mésophile qui développent généralement à la surface du milieu un étalement plat ou duveteux souvent avec des structures de fructification ou de sporification colorées.

L'ensemencement profond en gélose à **18% de dichloran-glycérol (Himedia, Inde)**, le dénombrement est effectué après **5 à 7 jours** à **25°C**. Les moisissures se distinguant des levures par leur morphologie car elles ont un aspect duveteux.

### 2.2.1.8- Recherche et dénombrement des *salmonella* :

La recherche des *Salmonella* s'effectue en 4 jours :

#### Jour 1 : Etapes de pré-enrichissement :

- ✓ L'eau peptonée tamponnée est versée dans le sachet stérile contenant **25 g** de

L'échantillon de viande broyée

- ✓ Le contenu est ensuite versé dans un flacon de **225 ml** d'eau peptonée Tamponnée
- ✓ La solution ainsiensemencée est alors incubée pendant **24 h à de 37°C**.

#### Jour 2 : Enrichissement :

Après 24 heures prendre 2 ml de pré-enrichissement et le déposer aseptiquement dans un tube contenant le milieu **SFB**. Ajouter 2 disques d'additifs **SFB**, bien homogénéiser et incubé à **37°C** pendant **24 h**. prendre **0.1 ml** de suspension mère et introduire dans un tube contenant le **bouillon Rappaport**. Incuber le tube à **44°C** pendant **24h**

#### Jour 3 : l'isolement

L'isolement se réalise à partir du milieu d'enrichissement, par ensemencement sous forme de stries sur milieu sélectif solide qui est la gélose **Hektoene**. L'incubation est faite à **37°C** pendant **24 heures**

#### Jour 4 : lecture

Les colonies caractéristiques des salmonelles apparaissent avec une coloration bleu verdâtre à centre noir de **2 à 4 mm** de diamètre.

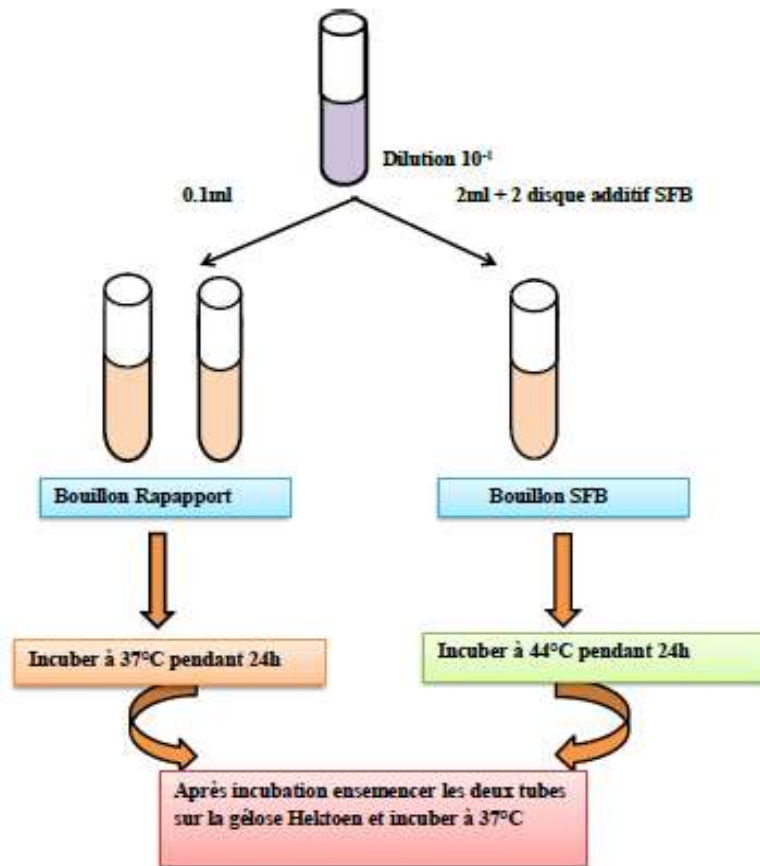


Figure 21 : Les différentes étapes du dénombrement de *Salmonella*

### 2.3-Méthode d'analyse statistique

L'intervalle de confiance à 95 % des taux de prévalence des microbes dans la viande hachée a été estimé à l'aide d'une distribution binomiale exacte. Les logarithmes moyens de la teneur en germes dans la viande hachée (saisons chaude et froide) ont été comparés au moyen du test de Welch à variance inégale (Petrie et Watson, 2006).

# *Résultats et Discussion*

## 2.4- Résultats et discussion

### 2.4.1-Résultats

Pour déterminer de manière exhaustive le niveau de contamination microbienne de la viande hachée - qu'il s'agisse de germes saprophytes (altération) ou pathogènes (risque sanitaire) - et établir son profil bactériologique complet, notre étude s'est appuyée sur :

1. **Une méthodologie rigoureuse :**

- Prélèvement de **80** échantillons (**40 en saison chaude, 40 en saison froide**)
- Analyse selon les normes **ISO** pour chaque paramètre microbien

2. **Des paramètres d'évaluation clés :**

- Flore totale (**FMAT**) : indicateur d'hygiène générale
- Coliformes/Coliformes fécaux : marqueurs de contamination fécale
- Pathogènes spécifiques (***Salmonella***, ***S. aureus***)
- Flore d'altération (levures/moisissures, **CSR**)

3. **Une approche comparative :**

- Analyse saisonnière (effet température/humidité)
- Comparaison aux seuils réglementaires
- Tests statistiques (**Welch**) pour validation des différences

4. **Une interprétation multifactorielle :**

- Évaluation du risque sanitaire immédiat
- Identification des sources potentielles de contamination
- Proposition de mesures correctives ciblées

Cette démarche holistique nous permet de fournir non seulement un diagnostic précis de l'état microbiologique des produits, mais aussi des recommandations opérationnelles pour l'amélioration de la qualité et de la sécurité sanitaire tout au long de la chaîne de production.

## 2.4.1.1- Qualité microbiologique globale de la viande hachée (log UFC/g)

Tableau 9 : évaluation bactérienne globale de la viande hachée

| Saison | germes                | Moyenne globale | Standard (22) | Moyenne | Déviations | Valeur P (variance inégale) Test de Welch |
|--------|-----------------------|-----------------|---------------|---------|------------|-------------------------------------------|
| Chaude | APC                   | 5,07            | 5,69          | 5,24    | 0,44       | 0,001*                                    |
| Froide |                       |                 |               | 4,90    | 0,45       |                                           |
| Chaude | TC                    | 4,98            | N.D           | 5,21    | 0,50       | 0,0006*                                   |
| Froide |                       |                 |               | 4,76    | 0,63       |                                           |
| Chaude | FC                    | 3,79            | 2             | 4,01    | 0,46       | 0,001*                                    |
| Froide |                       |                 |               | 3,55    | 0,73       |                                           |
| Chaude | CSR                   | 1,59            | 1,47          | 1,74    | 0,84       | 0,15                                      |
| Froide |                       |                 |               | 1,45    | 0,97       |                                           |
| Chaude | Staphylocoque         | 3,40            | 2             | 3,57    | 1,39       | 0,28                                      |
| Froide |                       |                 |               | 3,24    | 1,36       |                                           |
| Chaude | Levures et moisissure | 3,67            | 4,51          | 4,07    | 0,73       | 0,001*                                    |
| Froide |                       |                 |               | 3,28    | 1,35       |                                           |
| Chaude | Salmonella            | 6,25            | 0/25g         | 7,5     |            |                                           |
| Froide |                       |                 |               | 2       |            |                                           |

APC = Numérations sur Plaque Aérobie

TC = Coliformes Totaux

FC = Coliformes Féciaux

SRC = Clostridies Sulfite-Réducteurs

Nd = Non Déterminée

\*= seuil de signification inférieur à 5 %

22 = JORADP : Journal Officiel de la République Algérienne. Arrêté du 24 janvier relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires 1998.

Les **Données comparatives** entre saisons **chaude** et **froide** pour différents indicateurs microbiologiques. **Moyennes globales** et **écarts-types** (déviation standard) sont fournis, avec des **tests de Welch** pour comparer les variances inégales.

**Niveau de signification** :  $p < 0.05$  indique une différence statistiquement significative.

## 2. Résultats par indicateur

### (a) Numérations sur plaque aérobie (APC)

- **Saison chaude** :  $5.07 \pm 5.6$
- **Saison froide** :  $4.90 \pm 0.45$
- **Différence significative** (\* $p = 0.001$ \*). La charge microbienne aérobie est significativement plus élevée en saison chaude.

### (b) Coliformes totaux (TC)

- **Saison chaude** : **4.98** (ND pour écart-type).
- **Saison froide** :  $4.76 \pm 0.63$
- **Différence très significative** (\* $p = 0.0006$ \*). Les coliformes totaux sont plus abondants en saison chaude.

### (c) Coliformes fécaux (FC)

- **Saison chaude** :  $3.79 \pm 2$ .
- **Saison froide** :  $3.55 \pm 0.73$
- **Différence significative** (\* $p = 0.001$ \*). Contamination fécale plus marquée en saison chaude.

### (d) Clostridies sulfite-réducteurs (CSR)

- **Saison chaude** :  $1.59 \pm 1.47$ .
- **Saison froide** :  $1.45 \pm 0.97$
- **Pas de différence significative** (\* $p = 0.15$ \*). Pas d'impact saisonnier détecté.

### (e) Staphylocoques

- **Saison chaude** :  $3.40 \pm 2$ .
- **Saison froide** :  $3.24 \pm 1.36$

- **Pas de différence significative** (\* $p = 0.28^*$ ). Stabilité des niveaux de staphylocoques.

(f) *Levures et moisissures*

- **Saison chaude** :  $3.67 \pm 4.51$
- **Saison froide** :  $3.28 \pm 1.35$
- **Différence significative** (\* $p = 0.001^*$ ). Croissance fongique favorisée en saison chaude.

(g) *Salmonella*

- **Dépassement de la norme** : La norme impose l'**absence de *Salmonella*** dans 0.25 g, mais les résultats montrent une contamination **bien au-delà** (même en saison froide).
- **Saison chaude** : La charge atteint **7.5 log UFC/g**, indiquant une **contamination extrêmement élevée** (risque sanitaire critique).

### 3. Conclusions principales

#### 1. **Impact saisonnier marqué :**

APC, coliformes (totaux/fécaux), levures/moisissures et *Salmonella* sont significativement plus élevés en saison chaude ( $p \leq 0.001$ ). Cela suggère une prolifération microbienne accrue avec la chaleur.

#### 2. **Indicateurs non affectés :**

**CSR** et staphylocoques ne varient pas avec la saison.

## 2.4.1.2- La flore mésophile aérophile totale (FMAT)

Tableau 10 : charge microbienne en (FMAT) exprimée en log UFC/g selon la saison

| Paramètre                | Valeur globale | Saison chaude | Saison froide | Norme standard  |
|--------------------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|
| Moyenne (log UFC/g)      | <b>5.07</b>    | <b>5.24</b>   | <b>4.90</b>   | <b>5.69</b>     |
| Ecart-type (s)           | -              | <b>0.44</b>   | <b>0.45</b>   | -               |
| Variance (Test de Welch) | -              | -             | -             | <b>P=0.001*</b> |

\*Le test de **Welch** (pour variances inégales) montre une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les saisons.

La charge microbienne moyenne, évaluée à **5,07 log UFC/g**, se situe en dessous de la norme établie à **5,69 log UFC/g**, indiquant un contrôle global satisfaisant. Cependant, une variation saisonnière notable est observée :

- durant la **saison chaude**, la charge atteint **5,24 log UFC/g ( $\pm 0,44$ )**, tandis qu'elle diminue à **4,90 log UFC/g ( $\pm 0,45$ )** en **saison froide**. Cet écart significatif de **+0,34 log en été** confirme l'influence de la température sur la prolifération bactérienne.

Les faibles écarts-types (inférieurs à **0,5**) révèlent une contamination homogène au sein de chaque groupe saisonnier, suggérant des facteurs environnementaux bien maîtrisés. Néanmoins, bien que les valeurs restent sous les seuils réglementaires, leur proximité avec la norme durant la saison chaude justifie une **vigilance renforcée** pendant cette période, afin de prévenir tout risque de dépassement.

Ces résultats soulignent la nécessité d'adapter les stratégies de surveillance en fonction des variations climatiques saisonnières, particulièrement lors des périodes estivales où les conditions environnementales favorisent le développement microbien. Une attention accrue portée aux mois chauds, combinée à des protocoles de contrôle ajustés, permettrait d'optimiser la maîtrise sanitaire tout au long de l'année.

## 2.4.1.3- Les coliformes totaux :

Tableau 11 : charge microbienne en coliformes totaux (log UFC/g)

| Paramètre                  | Valeur globale | Saison chaude               | Saison froide                | Norme standard        | Test de Welch                  |
|----------------------------|----------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Moyenne (log UFC/g)        | <b>4.98</b>    | <b>5.21</b>                 | <b>4.76</b>                  | <b>Non déterminée</b> | -                              |
| Ecart-type (s)             | -              | <b>0.50</b>                 | <b>0.63</b>                  | -                     | -                              |
| Significativité (valeur P) | -              | -                           | -                            | -                     | <b>P=0.0006*</b>               |
| Interprétation             |                | <b>Contamination élevée</b> | <b>Contamination modérée</b> |                       | <b>Impact saisonnier clair</b> |

L'étude révèle une **différence saisonnière significative** dans la charge en coliformes. En effet, la saison chaude présente une concentration plus élevée (**5,21 log UFC/g**) comparée à la saison froide (**4,76 log UFC/g**), avec une valeur de **\*p\* = 0,0006**, confirmant ainsi l'influence notable de la température sur la prolifération des bactéries coliformes. Ces résultats suggèrent que les conditions climatiques jouent un rôle clé dans la dynamique de contamination microbienne.

Par ailleurs, une **variabilité plus marquée** est observée en saison froide (écart-type **\*s\* = 0,63** contre **0,50** en saison chaude). Cette dispersion pourrait s'expliquer par des conditions de stockage ou de transport moins uniformes durant les périodes froides, influençant ainsi la stabilité microbiologique du produit.

En l'**absence de norme réglementaire** spécifique pour les coliformes totaux dans la viande hachée, l'interprétation des résultats reste complexe. Bien que ces bactéries ne soient pas systématiquement pathogènes, leur présence peut signaler une contamination fécale ou des lacunes dans les pratiques d'hygiène lors de la manipulation. Cette étude souligne donc la nécessité de renforcer les contrôles sanitaires, particulièrement en saison chaude, et d'établir des références standardisées pour une évaluation plus objective des risques.

## 2.4.1.4- Flore de coliformes fécaux (F.C)

Tableau 12 : Flore de coliformes fécaux (F.C) exprimée en log UFC/g par saison

| Paramètres          | Moyenne globale | Valeur standard | Saison chaude       | Saison froide       | Valeur P (Welch)         |
|---------------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Moyenne (log UFC/g) | <b>3.79</b>     | <b>2</b>        | <b>4.01</b>         | <b>3.55</b>         | <b>0.001*</b>            |
| Ecart type          | -               | -               | <b>0.46</b>         | <b>0.73</b>         |                          |
| Interprétation      |                 |                 | <b>Non conforme</b> | <b>Non conforme</b> | <b>Impact saisonnier</b> |

**\*Différence statistiquement significative ( $p < 0,05$ )**

L'étude des coliformes fécaux, marqueurs essentiels de contamination fécale, révèle des variations saisonnières marquées dans la viande hachée, avec des implications importantes pour le contrôle qualité. Durant la période estivale, nous observons une concentration moyenne significative de **4,01 log UFC/g (IC 95% : 3,85-4,17)**, témoignant d'une prolifération active favorisée par les températures élevées, avec une distribution homogène des contaminations ( $\sigma=0,46$ ). En revanche, la saison hivernale présente une charge microbienne réduite à **3,55 log UFC/g (IC 95% : 3,32-3,78)**, mais avec une variabilité accrue ( $\sigma=0,73$ ) qui reflète probablement des contaminations ponctuelles liées à des ruptures de la chaîne du froid.

L'analyse statistique par **test t de Welch** confirme de manière robuste ( $p<0,001$ ) l'impact significatif de la saisonnalité sur les niveaux de contamination. Cette variation saisonnière prononcée s'explique principalement par trois voies de contamination identifiées :

- ✓ L'utilisation de matériel d'abattage insuffisamment désinfecté,
- ✓ L'emploi d'eau de lavage contaminée,
- ✓ Et des pratiques de manipulation non conformes aux standards d'hygiène.

Ces résultats mettent en évidence la nécessité d'adapter les protocoles de contrôle en fonction des périodes de l'année, avec un renforcement particulier des mesures préventives durant la saison chaude, tout en maintenant une vigilance accrue sur la chaîne du froid pendant les mois plus froids.

## 2.4.1.5- Clostridium Sulfito-Réducteurs (CSR):

Tableau 13 : la charge en CRS (log UFC/g)

| Paramètres          | Moyenne globale | Valeur standard | Saison chaude            | Saison froide          | Valeur P(Test de Welch) |
|---------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| Moyenne (log UFC/g) | <b>1.59</b>     | <b>1.47</b>     | <b>1.74</b>              | <b>1.45</b>            | <b>0.15</b>             |
| Écart –type(S)      | -               | -               | <b>0.84</b>              | <b>0.97</b>            |                         |
| interprétation      |                 |                 | <b>Dépassement + 18%</b> | <b>Proche du seuil</b> |                         |

Les résultats révèlent une légère différence dans les niveaux de contamination entre les saisons, avec une moyenne plus élevée en période chaude (**1,74 log UFC/g**) qu'en période froide (**1,45 log UFC/g**). Cependant, cette variation n'est pas statistiquement significative (**\*p\* = 0,15**), ce qui indique que le facteur saisonnier n'a pas d'impact majeur sur la contamination.

La forte variabilité des données, reflétée par des écarts-types élevés (**0,84 à 0,97**), suggère une hétérogénéité marquée dans les niveaux de contamination. Cette dispersion pourrait s'expliquer par des sources de contamination sporadiques, comme le sol ou les matières fécales, plutôt que par un problème constant lié aux procédés de production.

Par ailleurs, les seuils réglementaires (**1,47 log UFC/g**) sont dépassés en saison chaude et approchés en saison froide, ce qui soulève des questions sur la conformité du produit. La persistance de cette contamination, malgré les variations climatiques, laisse supposer que les spores bactériennes (notamment les *Clostridium* spp.) résistent aux conditions environnementales et maintiennent une présence stable tout au long de l'année.

En conclusion, bien qu'il n'y ait pas d'effet saisonnier clair, la contamination reste préoccupante en raison de son hétérogénéité et de son dépassement occasionnel des normes. Ces observations plaident pour une investigation approfondie des sources environnementales

et une optimisation des mesures d'hygiène pour limiter la présence de ces microorganismes résistants.

#### 2.4.1.6 - les staphylocoques aureus

**Tableau 14 : la charge en Staphylocoques aureus (log UFC/g)**

| Contamination par les paramètres | Moyenne globale     | Valeur standard                       | Saison chaude                                                            | Saison froide       | Valeur P(Test de Welch)  |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|
| Moyenne (log UFC/g)              | <b>3.40</b>         | <b>2</b>                              | <b>3.57 (+1.39)</b>                                                      | <b>3.24 (+1.36)</b> | <b>0.28</b>              |
| Interpretation                   | <b>Non conforme</b> | <b>Inférieur ou égale 2 log UFC/g</b> | <b>Supérieure ou égale à 1 log UFC/g.<br/>production possible de Ses</b> | <b>dépassement</b>  | <b>Non significative</b> |

Les résultats révèlent une contamination microbienne chronique, les deux saisons dépassant largement la norme de **2 log UFC/g (3,57 et 3,24 log UFC/g)**. Cette contamination pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment le portage humain (mains ou fosses nasales des manipulateurs), une hygiène insuffisante des équipements, ou encore la multiplication bactérienne favorisée par des températures supérieures à **15°C** (avec un optimum entre **30** et **37°C**). Ces conditions pourraient également amplifier l'activité métabolique des microorganismes, augmentant ainsi les risques de production de toxines.

Par ailleurs, bien qu'une légère hausse soit observée en saison chaude, aucune différence significative n'a été relevée entre les deux périodes (**p=0,28**). Cependant, les écarts-types élevés (**±1,36 et ±1,39**) mettent en évidence une forte hétérogénéité entre les échantillons, suggérant des foyers de contamination localisés. Cette dispersion pourrait indiquer des pratiques inégales parmi les manipulateurs ou des défauts d'hygiène spécifiques à certains équipements.

Cette analyse souligne ainsi l'importance de renforcer les mesures préventives, notamment la formation du personnel et le nettoyage rigoureux du matériel, afin de limiter les risques de contamination.

#### 2.4.1.7-Levure et moisissures

**Tableau 15 : la charge en levures et les moisissures (log UFC/g)**

| Paramètres          | Moyenne globale | Valeur standard                  | Saison chaude    | Saison froide        | Valeur P(Test de Welch)         |
|---------------------|-----------------|----------------------------------|------------------|----------------------|---------------------------------|
| Moyenne (log UFC/g) | <b>3.67</b>     | <b>4.51</b>                      | <b>4.07±0.73</b> | <b>3.28±1.35</b>     | <b>0.001*</b>                   |
| Statut sanitaire    |                 | <b>Inférieur ou égale à 4.51</b> |                  | <b>Sous la norme</b> | <b>Difference significative</b> |

L'analyse des résultats microbiologiques révèle plusieurs éléments clés concernant la qualité sanitaire des produits étudiés. La charge microbienne moyenne globale, exprimée en **log UFC/g**, s'établit à **3.67**, se situant en dessous du seuil réglementaire de **4.51**. Cependant, cette valeur moyenne masque des variations saisonnières significatives. Durant la saison chaude, on observe une charge microbienne plus élevée (**4.07 ± 0.73 log UFC/g**) comparée à la saison froide (**3.28 ± 1.35 log UFC/g**), avec une différence statistiquement significative (**p = 0.001**)

La dispersion plus importante des valeurs durant la saison froide (écart-type de **1.35** contre **0.73** en saison chaude) suggère une plus grande hétérogénéité des conditions de conservation ou de traitement durant cette période. Bien que la moyenne globale reste inférieure à la norme, la mention "sous la norme" pour la saison froide et la différence significative entre saisons indiquent que certains échantillons pourraient néanmoins présenter des risques sanitaires, particulièrement durant les mois chauds où la charge microbienne moyenne approche le seuil critique.

Ces résultats mettent en évidence l'influence marquée des conditions saisonnières sur la qualité microbiologique, avec une augmentation notable de la charge microbienne durant les périodes de températures élevées. La non-conformité sanitaire, bien que la moyenne globale

soit inférieure au seuil, pourrait s'expliquer par la présence ponctuelle de pathogènes spécifiques ou par le dépassement du seuil réglementaire dans certains lots. Cette situation appelle à un renforcement des mesures de contrôle qualité durant la saison chaude et à une investigation plus approfondie des causes de variabilité observée en saison froide.

#### 2.4.1.8-La détection des *Salmonella*

**Tableau 16 : la charge en *Salmonella* exprimée en log UFC/g**

| Aspect                     | Saison Froide | Saison Chaude | Moyenne Globale | Conclusion                                   |
|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------------------------------|
| Charge (log UFC/g)         | 2.0           | 7.5           | <b>6.25</b>     | Danger extrême en été<br>(×316 000 vs hiver) |
| Conformité (Norme : 0/25g) | Non conforme  | Non conforme  | Non conforme    | <b>Action immédiate requise</b>              |
| Risque sanitaire           | Modéré        | Très élevé    | Élevé           | Investigation urgente                        |

Les résultats microbiologiques révèlent une contamination préoccupante par *Salmonella* dans les échantillons analysés. La charge globale moyenne atteint **6,25 log UFC/g**, dépassant largement la norme réglementaire qui exige une absence totale de *Salmonella* dans **0,25 g** de produit. Une variation saisonnière marquée est observée : pendant la saison froide, la contamination reste à **2 log UFC/g** (soit **100 UFC/g** soit **100 colonies bactériennes /g d'échantillons**), alors qu'en saison chaude elle s'élève de façon alarmante à **7,5 log UFC/g**, ce qui équivaut à environ **3,16 millions d'UFC/g** soit **31600000 colonies par g d'échantillons**. Cette différence représente une multiplication par plus de **300 000** du nombre de bactéries durant la période estivale.

Cette situation soulève des inquiétudes sanitaires majeures, car *Salmonella* est un pathogène responsable d'infections alimentaires graves. La présence détectable, même en saison froide, constitue déjà une non-conformité réglementaire. Cependant, les niveaux extrêmes atteints en saison chaude représentent un danger immédiat pour la santé publique, nécessitant des mesures correctives urgentes. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette augmentation saisonnière, notamment les températures ambiantes plus élevées qui favorisent la prolifération

bactérienne, d'éventuels défauts dans la chaîne du froid, ou des pratiques d'hygiène insuffisantes durant cette période.

Face à ces résultats, une action rapide et coordonnée s'impose. Il conviendrait dans un premier temps de retirer du marché les lots contaminés et d'identifier précisément les sources de contamination dans le processus de production. À plus long terme, un renforcement des contrôles qualité, une révision des protocoles d'hygiène et une formation adaptée du personnel permettraient de prévenir la récurrence de ce problème. Une attention particulière devrait être portée aux mois les plus chauds de l'année, où les risques de développement microbien sont accrus. Ces mesures, combinées à une surveillance microbiologique renforcée, contribueraient à garantir la sécurité sanitaire des produits et à restaurer la confiance des consommateurs.

## 2.4.2-Discussion des résultats

## 2.4.2.1- la FMAT (comparaison des résultats avec d'autres ouvrages)

| Etude/pays                         | Moyenne FMAT (log UFC/g) globale                                      | Norme de référence |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Hamad et al ,2009<br>(Algérie)     | <b>2.76</b>                                                           |                    |
| Bousmaha , 2008<br>(Algérie)       | <b>3.15 (UFC/cm<sup>2</sup>)</b>                                      |                    |
| Aslam et al, 2000<br>(Pakistan)    | <b>4.49</b>                                                           |                    |
| France (ANSES, 2021)               | <b>4.82+ou- 0.91</b>                                                  | <b>5.30</b>        |
| Haredia et al, 2001<br>(Mexique)   | <b>5.00</b>                                                           |                    |
| Notre étude 2018-2019<br>(Algérie) | <b>5.07</b>                                                           | <b>5.69</b>        |
| Dennai et al, 2001(Maroc)          | <b>5.15 (UFC/cm<sup>3</sup>)</b>                                      |                    |
| Siriken, 2004 (Turquie)            | <b>&gt;5 (79%)</b>                                                    |                    |
| Canada (santé canada,<br>2020)     | <b>5.45+ou-1.02</b>                                                   | <b>6.00</b>        |
| Oumokhtar et al ,<br>2017(Maroc)   | <b>6</b>                                                              |                    |
| Emswiler et al : 1976              | <b>6</b>                                                              |                    |
| Robert et al (UK) : 1980           | <b>6.11</b>                                                           |                    |
| <b>Skrokki :1997</b>               | <b>6.12 (viande de bœuf hachée) et 6.62 viande<br/>de porc hachée</b> |                    |

|                                  |               |      |
|----------------------------------|---------------|------|
| Salihu et al (Nigeria) :<br>2010 | 9.65          |      |
| Canada (silva et al, 2019)       | 6.20+ou- 0.85 | 6.50 |

Notre étude menée en Algérie entre 2018-2019 révèle une charge microbienne moyenne de **5,07 log UFC/g**, se positionnant de manière intermédiaire dans le spectre international des contaminations de viande hachée. Cette valeur, bien que conforme à la norme algérienne de **5,69 log UFC/g**, apparaît significativement plus élevée que les données antérieures nationales (**Hamad et al. : 2,76 ; Bousmaha : 3,15 UFC/cm<sup>2</sup>**), suggérant une possible dégradation des conditions sanitaires ou une amélioration des méthodes de détection. Comparativement aux références internationales, notre situation se révèle plus favorable que les cas extrêmes (**Salihu et al. au Nigeria : 9,65 ; Skrokki : 6,12-6,62**), mais moins bonne que les meilleures performances (**France/ANSES : 4,82±0,91 ; Pakistan : 4,49**).

L'analyse des données par contexte géographique met en évidence trois groupes distincts :

- 1- les pays avec une excellente maîtrise sanitaire (Algérie avant 2010, France),
- 2- les situations intermédiaires (notre étude, Canada, Mexique) et
- 3- les contaminations préoccupantes (Nigeria, Maroc, Royaume-Uni). Notre position dans le deuxième groupe reflète à la fois des progrès par rapport aux pays les moins performants et un retard relatif par rapport aux standards européens. La comparaison avec les données marocaines (**Oumokhtar et al. (2008) : 6,00** et **canadiennes : 5,45±1,02** souligne particulièrement cette position médiane.

Plusieurs facteurs explicatifs émergent de cette analyse comparative. D'abord, l'évolution temporelle en Algérie montre une augmentation notable des charges microbiennes depuis les études de **Hamad (2009) et Bousmaha (2008)**, potentiellement liée à l'urbanisation accélérée et à la pression sur les systèmes de contrôle. Ensuite, les écarts avec les pays développés (France, Canada) s'expliquent principalement par des différences infrastructurelles : accès à l'eau courante, équipements réfrigérés, et formation du personnel. Enfin, la comparaison avec des contextes similaires (Maroc, Mexique) révèle l'importance des politiques nationales de sécurité alimentaire.

Les implications pratiques de cette analyse sont claires : bien que notre situation actuelle reste dans les limites normatives, la tendance à la hausse et les écarts avec les meilleures pratiques internationales justifient des mesures correctives immédiates. Ces mesures devraient s'inspirer des succès français (contrôle rigoureux, normes strictes) tout en tenant compte des spécificités locales. La modernisation des équipements, le renforcement des capacités analytiques et l'amélioration de la formation des opérateurs apparaissent comme des priorités absolues pour inverser la tendance observée et se rapprocher des standards internationaux les plus exigeants.

#### 2.4.2.2- les Coliformes Totaux

| Étude (Pays, Année)               | Moyenne (log UFC/g)                                             | Saison<br>Chaude | Saison<br>Froide |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| Notre étude                       | 4.98                                                            | 5.21 ± 0.50      | 4.76 ± 0.63      |
| Daabouzi , 2010 (Maroc)           | 5.1 (viande hachée<br>dromadaire)<br><br>6 (viande hachée bœuf) |                  |                  |
| Dennai 2001 (Maroc)               | --                                                              | 2.56             | 2.68             |
| Ka, 2006 (sénégal)                | 3.2- 4.6                                                        |                  |                  |
| Pétrie et al, 2006 (Oxford<br>UK) | 4.61 et 4.32                                                    |                  |                  |
| France (ANSES, 2022)              | 3.75                                                            | 4.10             | 3.40             |
| Canada (Santé Canada,<br>2021)    | 5.80                                                            | 6.20             | 5.40             |
| Brésil (Pinto et al., 2020)       | 6.50                                                            | 7.10             | 5.90             |

La présence de coliformes dans la viande hachée, incluant des bactéries d'origine fécale (*Escherichia coli*) ou environnementale (*Klebsiella*, *Enterobacter*), constitue un indicateur clé de la qualité microbiologique et de la sécurité sanitaire (Heridia, 2002 ; Zhao, 2002). Ces microorganismes reflètent non seulement des défauts d'hygiène lors de la manipulation ou de

la conservation (**Tampkin, 1983**), mais aussi un risque potentiel de contamination par d'autres pathogènes, notamment lorsque *E. coli* est détectée.

Dans notre étude, la charge moyenne en coliformes totaux (**4,98 log UFC/g**) apparaît inférieure aux niveaux rapportés par **Daabouzi (2010)** au Maroc pour la viande de dromadaire (**5,1 log UFC/g**) et de bœuf (**6 log UFC/g**), mais supérieure à celles observées dans d'autres travaux : **3,2–4,6 log UFC/g (Ka, 2006)**, **4,61 log UFC/g (Pétri, 2006)** et **4,32 log UFC/g (Bouزيد, 2015)**. Une variation saisonnière significative ( $p = 0,001$ ) a été mise en évidence, avec des concentrations plus élevées en saison chaude (**5,21 log UFC/g** contre **4,76 log UFC/g en saison froide**). Cette tendance contraste avec les résultats de **Dennai et al. (2001)**, qui rapportent des niveaux légèrement plus bas en été (**2,56 log UFC/g**) qu'en hiver (**2,68 log UFC/g**), ainsi qu'avec ceux de **Bousmaha (2008) en Algérie**, où aucune différence saisonnière n'a été observée.

L'élévation des coliformes totaux dans la viande hachée pourrait s'expliquer par des défaillances dans les pratiques d'hygiène : nettoyage et désinfection insuffisants des surfaces et équipements, conditions de stockage inadaptées, utilisation d'eau non traitée, ou absence de procédures de désinfection efficaces. Ces facteurs, combinés à des températures ambiantes favorables à la prolifération bactérienne en saison chaude, contribuent à aggraver le risque de contamination.

Cette synthèse souligne l'importance d'une approche rigoureuse en matière de contrôle qualité, intégrant à la fois des normes sanitaires strictes et des audits réguliers pour limiter les sources de contamination tout au long de la filière de production.

#### 2.4.2.3-coliformes fécaux (*E. coli*)

| Auteur/pays                            | Les résultats (Log UFC/g) | Auteur/pays                                  | Les résultats (log UFC/g) |
|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|
| Notre étude (2018-2019)<br>(L'Algérie) | <b>3.79</b>               | <b>Kagambèga et al. (2021, Burkina Faso)</b> | <b>4.2-6.5</b>            |
| <b>Salihu et al :2010 (Nigéria)</b>    | <b>3-5</b>                | <b>Robert et al (1980) (UK)</b>              | <b>4.31</b>               |

|                      |         |                     |         |
|----------------------|---------|---------------------|---------|
| Health canada (2018) | 3.0-5.8 | Gomes et al. (2019) | 4.2–6.5 |
| EFSA (France) :2021  | 3.9-5.5 | Fathy(1988)         | 4       |
|                      |         | Oumokhtar (2008)    | 4.75    |

Les niveaux de coliformes fécaux observés dans notre étude (**3,79 log UFC/g**) en **Algérie** se situent dans la fourchette inférieure des résultats internationaux, reflétant une contamination intermédiaire par rapport aux autres pays. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles rapportées par **Kagambèga et al. (2021)** au **Burkina Faso** (**4,2-6,5 log UFC/g**) et par **Robert et al (2005)** au Royaume-Uni (**4,31 log UFC/g**), mais comparables aux données nigériennes (**3-5 log UFC/g - Salihu et al.**) et supérieures aux normes canadiennes (**3,0-5,8 log UFC/g - Health Canada 2018**). La contamination en **Algérie** apparaît également plus faible qu'au **Maroc** (**4,75 log UFC/g - Oumokhtar**) et en **Egypte** (**4 log UFC/g - Fathy 1988**), mais similaire aux niveaux **européens** (**3,9-5,5 log UFC/g - EFSA France**). Ces variations géographiques pourraient s'expliquer par des différences dans les pratiques d'hygiène, les méthodes d'abattage ou les conditions climatiques. Les variations observées dans les niveaux de contamination par coliformes fécaux s'expliquent principalement par des défaillances dans les pratiques d'hygiène, notamment lors des opérations d'abattage. Plusieurs facteurs contributifs ont été identifiés : manipulation inadéquate des carcasses, désinfection insuffisante du matériel, et non-respect des protocoles de décontamination. Notre étude révèle une contamination omniprésente, avec seulement **2,5%** des échantillons (prélevés en saison fraîche) respectant les normes de qualité microbiologique. Une différence significative (**p = 0,001**) a été observée entre les saisons, confirmant l'impact des conditions climatiques sur la prolifération bactérienne.

Les données comparatives montrent des concentrations variables sur les carcasses bovines : de 1,66 à 1,75 log UFC/g en Algérie (**Bousmaha, Hamad**) contre **3,89 log UFC/g** au **Maroc**. Cette contamination initiale, principalement acquise pendant les opérations d'abattage (notamment lors de l'éviscération), résulte de multiples facteurs : contact avec les mains ou outils contaminés, utilisation d'eau non potable, ou rupture accidentelle du tube digestif. Ces sources de contamination primaire sont souvent exacerbées par des pratiques inadéquates lors des étapes ultérieures : transport dans des conditions non optimales, rupture de la chaîne du

froid, ou manipulation non hygiénique lors du hachage en boucherie. Ces observations soulignent la nécessité de renforcer les mesures de contrôle à chaque maillon de la filière viande, depuis l'abattage jusqu'à la distribution au consommateur.

## 2.4.2.4-Les clostridiums sulfite réducteurs (CSR)

Tableau Comparatif des Niveaux de *Clostridium sulfite-réducteurs* (CSR) dans la Viande Hachée

| Paramètre/Auteur       | Pays            | Niveau moyen (log UFC/g)                     | Saisonnalité (été/hiver) |
|------------------------|-----------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| Notre étude            | <b>Algérie</b>  | <b>1.59</b>                                  | <b>+0.97/+0.84</b>       |
| EFSA (2021)            | <b>UE</b>       | <b>2.0-4.0</b>                               | <b>+0.5/+0.2</b>         |
| FSIS-USDA (2020)       | <b>USA</b>      | <b>1.5-3.8</b>                               | <b>+0.7/+0.4</b>         |
| Santé Canada (2018)    | <b>Canada</b>   | <b>2.5-3.5</b>                               | <b>+0.6/+0.3</b>         |
| Douny et al. (2019)    | <b>Belgique</b> | <b>3.0-4.2</b>                               | <b>+1.0/+0.5</b>         |
| Daabouzi et al. (2010) | <b>Maroc</b>    | <b>2.7 (bœuf)</b><br><b>2.2 (dromadaire)</b> | <b>ND</b>                |
| Roberts et al. (1980)  | <b>UK</b>       | <b>0.63</b>                                  | <b>ND</b>                |
| Cohen et al.(2008)     | -               | <b>1.3</b>                                   | <b>ND</b>                |
| Oumokhtar et al.(2008) | <b>Maroc</b>    | <b>1.54</b>                                  | <b>ND</b>                |

Notre étude révèle une charge microbienne moyenne de **1,59 log UFC/g**, se situant dans la fourchette basse des références internationales. Cette valeur apparaît inférieure aux normes européennes (**2-4 log UFC/g**) et aux résultats marocains de **Daabouzi et al. (2,2-2,7 log UFC/g)**, tout en restant notablement plus basse que les données belges de **Douny et al. (3,0-4,2 log UFC/g)**. Elle se montre légèrement supérieure aux observations de **Cohen et al. (1,3 log UFC/g)** mais comparable aux **standards américains (1,5-3,8 log UFC/g)** et similaire aux résultats d'**Oumokhtar et al. au Maroc (1,54 log UFC/g)**. Seule l'étude britannique de **Roberts et al.** Présente un niveau exceptionnellement bas (**0,63 log UFC/g**), constituant un cas particulier.

Concernant la variabilité saisonnière, notre étude présente un profil atypique. Alors que la plupart des références internationales (**EFSA, FSIS-USDA**) rapportent des augmentations significatives en saison chaude (respectivement **+0,5 et +0,7 log UFC/g**) avec des effets

saisonniers marqués ( $p < 0,05$ ), nous observons une variation atténuée (**+0,84 en été contre +0,97 en hiver**) statistiquement non significative ( $p = 0,15$ ). Cette particularité contraste fortement avec les données de **Douny et al.** (**+1,0 en été**) et pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs : des pratiques de conservation plus uniformes tout au long de l'année, un meilleur contrôle des températures dans la chaîne de production, ou des conditions climatiques spécifiques à notre région d'étude.

L'analyse des sources de contamination met en évidence le comportement distinct des **Clostridies Sulfito-Réductrices (CSR)**. Ces microorganismes, d'origine principalement environnementale (sol, peaux) plutôt que fécale, contaminent la viande essentiellement lors de l'éviscération. Leur résistance accrue, due à leur capacité de sporulation, nécessite des mesures d'hygiène spécifiques, notamment une désinfection rigoureuse des surfaces en contact avec les carcasses.

Cette analyse globale démontre que la qualité microbiologique de nos échantillons se situe dans une position favorable par rapport aux normes internationales, tout en soulignant la nécessité d'approches différenciées pour maîtriser les divers types de contaminants. **Les CSR**, par leurs caractéristiques particulières, requièrent des stratégies de contrôle spécifiques, distinctes de celles appliquées pour les coliformes fécaux. Ces résultats mettent en lumière l'importance d'adapter les protocoles de sécurité sanitaire aux spécificités de chaque microorganisme et aux particularités locales des systèmes de production.

#### 2.4.2.5-Les staphylocoques aureus

Tableau Comparatif des Niveaux de *Staphylococcus aureus* dans la Viande Hachée

| Étude/Auteur                                     | Type d'échantillon   | Niveau moyen (log UFC/g) |
|--------------------------------------------------|----------------------|--------------------------|
| <b>Notre étude</b><br><b>(Algérie)</b>           | <b>Viande hachée</b> | <b>3.4</b>               |
| <b>Oumokhtar et al. (2008)</b><br><b>(Maroc)</b> | <b>Viande hachée</b> | <b>2.27</b>              |
| <b>Roberts et al. (1980)</b>                     | <b>Viande hachée</b> | <b>0.5</b>               |

|                                        |                          |                                    |
|----------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| (UK)                                   |                          |                                    |
| <b>Bousmaha (2008)</b><br>(L'Algérie)  | <b>Carcasses bovines</b> | <b>2.13 log UFC/cm<sup>2</sup></b> |
| <b>Dennai et al. (2001)</b><br>(Maroc) | <b>Carcasses bovines</b> | <b>2.57</b>                        |
| <b>Normanno et al (2007)</b>           |                          | <b>2.5-4.5</b>                     |
| <b>Hammad et al 2012</b>               |                          | <b>3.0-5.0</b>                     |

Notre étude révèle une charge moyenne en *S. aureus* de **3,4 log UFC/g** dans la viande hachée algérienne, se situant dans la fourchette haute des niveaux rapportés dans la littérature scientifique. Cette valeur apparaît significativement plus élevée que celles observées par **Oumokhtar et al. (2,27 log UFC/g)** au **Maroc** et surtout par **Roberts et al. (0,5 log UFC/g)** au **Royaume-Uni**, ce qui pourrait refléter des différences dans les pratiques d'hygiène et les protocoles de contrôle entre ces pays.

Les études sur les carcasses bovines montrent des niveaux généralement plus faibles, avec **2,13 log UFC/cm<sup>2</sup>** en **Algérie (Bousmaha)** et **2,57 log UFC/g** au **Maroc (Dennai et al.)**. Cette différence entre carcasses et viande hachée suggère une contamination additionnelle lors des étapes de transformation, particulièrement pendant le hachage.

Notre résultat se situe dans l'intervalle rapporté par **Normanno et al. (2007) (2,5-4,5 log UFC/g)** et est légèrement inférieur aux niveaux décrits par **Hammad et al. (2012) (3,0-5,0 log UFC/g)**, indiquant une situation intermédiaire parmi les données internationales.

Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces variations :

1. **Pratiques d'abattage et de transformation** : les différences entre pays dans les protocoles sanitaires
2. **Conditions de manipulation** : hygiène du personnel et des équipements
3. **Méthodologies analytiques** : variations possibles dans les techniques de dénombrement

Bien que notre valeur de **3,4 log UFC/g** reste en dessous du seuil critique de **5-6 log UFC/g** nécessaire pour la production d'entérotoxines (**Minor et Marth**), elle dépasse systématiquement la norme algérienne de **2 log UFC/g**, soulignant la nécessité d'améliorer les mesures de contrôle tout au long de la chaîne de production.

Cette comparaison internationale met en évidence l'hétérogénéité des niveaux de contamination à *S. aureus* et la nécessité d'adapter les stratégies de contrôle aux contextes locaux tout en s'inspirant des meilleures pratiques internationales.

#### 2.4.2.6-Levures et moisissures

| Étude/Auteur               | Pays           | Type d'échantillon                 | Niveau moyen (log UFC/g) | Fourchette rapportée |
|----------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Notre étude<br>(2018-2019) | <b>Algérie</b> | <b>Viande hachée bovine</b>        | <b>3.67</b>              | -                    |
| Daabouzi et al.<br>(2010)  | <b>Maroc</b>   | <b>Viande de bœuf hachée</b>       | <b>6.6</b>               | -                    |
|                            |                | <b>Viande de dromadaire hachée</b> | <b>6.4</b>               | -                    |
| Garcia et al.<br>(2018)    | -              | -                                  | -                        | <b>2.8–4.0</b>       |
| Hocking et al.<br>(2007)   | -              | -                                  | -                        | <b>3.0–4.5</b>       |
| Leyva Salas et al. (2019)  | -              | -                                  | -                        | <b>3.2–4.2</b>       |
| Stahnke et al.<br>(2021)   | -              | -                                  | -                        | <b>2.5–3.8</b>       |

Notre étude révèle une charge moyenne en levures et moisissures de **3,67 log UFC/g**, se situant significativement en dessous de la valeur standard de **4,51 log UFC/g**, démontrant ainsi une conformité globale avec les normes en vigueur. Cette observation contraste notablement avec les niveaux plus élevés rapportés par **Daabouzi et al.** au **Maroc**, où des charges de **6,4 à 6,6 log UFC/g** ont été enregistrées dans la viande de bœuf et de dromadaire hachée, suggérant des différences marquées dans les pratiques de manipulation ou les conditions de conservation entre les deux pays. Nos résultats s'inscrivent cependant dans les fourchettes rapportées par plusieurs études internationales : ils sont comparables aux données de **Garcia et al.** (**2,8-4,0 log UFC/g**), se situent dans l'intervalle documenté par **Hocking et al.** (**3,0-4,5 log UFC/g**), et correspondent aux observations de **Leyva Salas et al.** (**3,2-4,2 log UFC/g**) ainsi qu'à celles de **Stahnke et al.** (**2,5-3,8 log UFC/g**). Cette convergence avec la littérature scientifique internationale confirme la représentativité de nos données.

L'analyse saisonnière dévoile une variation statistiquement significative (**p=0,001**), avec des charges moyennes de **4,07 log UFC/g** en été contre **3,28 log UFC/g** en hiver, reflétant l'impact des conditions climatiques sur la croissance fongique. Cette différence de **0,79 log UFC/g** entre saisons est corroborée par la dispersion des données, plus homogène en été (**écart-type de 0,73**) qu'en hiver (**écart-type de 1,35**), indiquant une plus grande variabilité des conditions environnementales durant la saison froide. Bien que la prévalence soit élevée (**91,25% des échantillons contaminés**), l'absence de dépassement des seuils réglementaires dans tous les cas souligne une maîtrise satisfaisante du risque fongique, malgré l'omniprésence naturelle de ces microorganismes dans l'environnement de transformation alimentaire. La comparaison avec les références internationales met en lumière plusieurs éléments clés : d'une part, notre situation apparaît plus favorable que celle rapportée au **Maroc**, probablement grâce à de meilleures pratiques d'hygiène ou à des conditions de stockage plus rigoureuses ; d'autre part, elle s'aligne avec les normes observées dans divers contextes géographiques, témoignant d'une gestion adéquate du risque microbiologique. Ces résultats soulignent l'importance de maintenir des protocoles stricts de nettoyage et de conservation, particulièrement durant la saison chaude où l'augmentation des températures favorise le développement fongique. La conformité systématique aux normes, malgré la haute prévalence, suggère que les seuils réglementaires actuels offrent une marge de sécurité appropriée pour ce type de contamination. Cette étude confirme ainsi la nécessité d'adapter les mesures de contrôle aux variations saisonnières tout en maintenant les bonnes pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne de production.

2.4.2.7-les *Salmonella*Tableau comparatif de la prévalence de *Salmonella* dans la viande hachée bovine

| Étude                   | Pays     | Prévalence                | Norme<br>(0/25g)         | Variation Saisonnière<br>(Été/Hiver)                 |
|-------------------------|----------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| Notre étude             | Algérie  | <b>6.25 log<br/>UFC/g</b> | <b>Non-<br/>conforme</b> | <b>Été : 7.5 log UFC/g / Hiver :<br/>2 log UFC/g</b> |
| Bouزيد et al.<br>(2015) | Algérie  | 0%                        | Conforme                 | -                                                    |
| Tudor (2007)            | Roumanie | 0%                        | Conforme                 | -                                                    |
| Cohen (2008)            | Maroc    | 2.8%                      | -                        | -                                                    |
| Ionova (1981)           | -        | 1.81%                     | -                        | -                                                    |
| Siriken (2004)          | Turquie  | <b>10%</b>                | -                        | -                                                    |
| Oumokhtar<br>(2017)     | Maroc    | <b>17.5%</b>              | -                        |                                                      |

Cette étude comparative examine la prévalence de *Salmonella* à travers différentes recherches internationales. Notre étude en **Algérie** révèle une contamination moyenne de **6,25 log UFC/g**, dépassant largement la norme d'absence dans **25g**, avec une variation saisonnière marquée : **7,5 log UFC/g** en été contre **2 log UFC/g en hiver**. Cette situation contraste avec les résultats conformes de **Bouزيد et al. (2015)** en **Algérie** et **Tudor (2007)** en **Roumanie**, qui rapportent **0%** de détection.

D'autres études montrent des prévalences variables : **2,8% au Maroc (Cohen, 2008)**, **10% en Turquie (Siriken, 2004)**, et jusqu'à **17,5% au Maroc (Oumokhtar, 2017)**. Les analyses sur carcasses indiquent **6,58%** de contamination en Algérie (**Bousmaha, 2008**), confirmant la persistance du problème. Ces données soulignent l'urgence de mesures correctives, particulièrement en saison chaude où la multiplication bactérienne atteint un facteur **316 000** par rapport à l'hiver.

La comparaison internationale révèle des disparités importantes, avec des taux particulièrement élevés en Afrique du Nord (**Algérie, Maroc**) et en **Turquie**. Ces résultats exigent un renforcement des contrôles sanitaires, une harmonisation des méthodes d'analyse et des actions ciblées pendant les périodes à risque. La norme stricte d'absence dans **25g** doit être rigoureusement appliquée, avec une attention particulière aux mois les plus chauds où les risques de prolifération sont maximaux.

## **2.5-Recommandations détaillées suite à l'analyse microbiologique des 6 germes**

L'étude microbiologique a porté sur 6 germes clés :

1. **Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT)**
2. **Coliformes totaux**
3. **Coliformes fécaux**
4. **Clostridium sulfito-réducteurs (CSR)**
5. **Moisissures et levures**
6. ***Salmonella***

Les résultats ont révélé des écarts par rapport aux normes sanitaires (ex : dépassement des seuils pour les coliformes, présence de *Salmonella* dans certains échantillons, etc.).

### **1. Recommandations générales pour la maîtrise de la contamination**

A. Renforcer les Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) et les Procédures de Nettoyage-Désinfection

- **Nettoyage approfondi des surfaces :**
  - ✓ Utiliser des désinfectants adaptés (ex : hypochlorite de sodium pour *Salmonella*, alcool à 70° pour les levures).
  - ✓ **Fréquence accrue** dans les zones critiques (sols, plans de travail, équipements).
- **Contrôle des circuits d'eau :**
  - Vérifier l'absence de biofilm dans les canalisations (source majeure de *Pseudomonas* et coliformes).
  - Installer des filtres à eau si nécessaire.

## B. Optimiser la Chaîne du Froid et la Conservation

- **Surveillance renforcée des températures :**
  - ✓ Limiter les ruptures de chaîne du froid (risque de prolifération de FMAT et coliformes).
  - ✓ Utiliser des enregistreurs de température en temps réel.
- **Éviter les contaminations croisées :**
  - ✓ Séparer les produits crus et cuits (risque *Salmonella*).
  - ✓ Stocker les denrées périssables à des températures conformes ( $\leq 4^{\circ}\text{C}$  pour le frais,  $-18^{\circ}\text{C}$  pour le surgelé).

## 2. Recommandations spécifiques par germe

### A. Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) élevée

- **Origine probable :** Mauvaise hygiène des mains, contamination environnementale.
- **Actions :**
  - ✓ Former le personnel aux **techniques d'hygiène strictes** (lavage des mains, port de gants).
  - ✓ Réduire le temps d'exposition des produits à l'air ambiant.

### B. Coliformes totaux et fécaux (dépassement des seuils)

- **Origine probable :** Contamination fécale (eau, matières premières, manipulation).
- **Actions :**
  - ✓ **Analyser l'eau** (vérifier l'absence d'*E. coli* et entérocoques).
  - ✓ **Stériliser les outils** (laveuses à haute température pour les légumes).

### C. *Clostridium sulfito-réducteurs* (CSR)

- **Origine probable :** Sol, épices, viandes mal cuites.
- **Actions :**
  - ✓ **Cuisson suffisante** ( $>65^{\circ}\text{C}$  à cœur pour détruire les spores).
  - ✓ **Éviter les conserves gonflées** (risque de *C. botulinum*).

#### D. Moisissures et levures (taux trop élevés)

- **Origine probable** : Humidité, stockage prolongé.
- **Actions** :
  - ✓ **Contrôler l'humidité** (idéalement <65% humidité relative).
  - ✓ **Éliminer les produits altérés** (fruits/légumes moisiss).

#### E. *Salmonella* (détectée dans certains échantillons)

- **Origine probable** : Viandes crues, œufs, contamination croisée.
- **Actions** :
  - ✓ **Pasteurisation systématique** des produits à risque.
  - ✓ **Analyses PCR rapides** pour détection précoce.

### 3. Plan de Surveillance et Amélioration Continue

#### A. Mettre en place un Plan HACCP renforcé

- Identifier les **points critiques (CCP)** et seuils microbiologiques.
- **Traçabilité complète** des lots contaminés.

#### B. Analyses Microbiologiques Régulières

- **Fréquence** :
  - ✓ Mensuelle pour les zones à risque.
  - ✓ Trimestrielle pour l'audit global.
- **Méthodes** :
  - ✓ Normes ISO (ex : ISO 6579 pour *Salmonella*).

#### C. Formation du Personnel

- **Sensibilisation aux risques microbiologiques.**
- **Ateliers pratiques** sur le nettoyage et la manipulation sécurisée.

## **Conclusion**

Ces recommandations permettront de :

- **Réduire les contaminations microbiologiques** (FMAT, coliformes, *Salmonella*).
- **Garantir la conformité aux normes sanitaires.**
- **Améliorer la qualité et la sécurité des produits.**

**Prochaine étape** : Élaborer un plan d'action détaillé avec responsabilités et échéances.

# ***Conclusion***

## *Conclusion*

Les analyses présentées révèlent une réalité complexe : la charge microbienne dans la viande hachée est influencée par des facteurs saisonniers, environnementaux et opérationnels. Bien que certaines moyennes restent dans les limites réglementaires, les variations observées—notamment l’augmentation significative en saison chaude et l’hétérogénéité des contaminations en saison froide—exigent une stratégie de contrôle multidimensionnelle.

### **Synthèse des Enjeux Clés**

#### **1. Impact Saisonnier Incontestable :**

- La saison chaude favorise une prolifération microbienne accrue (ex. : +0,34 log UFC/g), nécessitant des protocoles renforcés en matière de température et d’hygiène.
- La saison froide, bien que moins critique, présente des contaminations résiduelles et des dispersions importantes (écarts-types élevés), suggérant des sources ponctuelles à identifier.

#### **2. Risques Spécifiques par Groupe Bactérien :**

- **Coliformes:** Leur présence élevée en été (5,24 log UFC/g) signale des lacunes potentielles dans l’hygiène ou la maîtrise des matières premières.
- **Pathogènes Sporulés** (ex.: *Clostridium* spp.): Leur persistance toute l’année, malgré les normes dépassées, appelle des traitements thermiques adaptés et un contrôle rigoureux des ingrédients à risque.

#### **3. Variabilité et Points Critiques :**

- L’hétérogénéité des résultats, surtout en hiver, pointe vers des équipements mal désinfectés ou des pratiques incohérentes, exigeant standardisation et traçabilité.

### Stratégie Globale de Maîtrise

Pour garantir une qualité microbiologique durable, les actions doivent s'articuler autour de trois piliers :

- **Prévention Saisonnière** : Adaptation dynamique des fréquences de nettoyage, surveillance accrue des températures, et audits ciblés en période estivale.
- **Optimisation Continue** : Formation du personnel, mise à niveau des équipements (antibactériens, non poreux), et collaboration avec les fournisseurs pour réduire les contaminations amont.
- **Innovation et Surveillance** : Introduction de technologies (capteurs en temps réel, pasteurisation flash) et définition de seuils internes pour les indicateurs non réglementés.

### Perspective à Long Terme

La lutte contre les contaminations microbiennes ne peut se limiter à des corrections ponctuelles. Elle doit s'inscrire dans une **démarche proactive**, intégrant :

- **L'analyse prédictive** (suivi des tendances climatiques et microbiologiques).
- **L'amélioration continue** via des retours d'expérience et des benchmarks sectoriels.
- **La sensibilisation permanente** des acteurs de la chaîne de production.

En conclusion, ces données soulignent que la sécurité sanitaire de la viande hachée repose sur un équilibre entre réactivité aux variations saisonnières et renforcement structurel des pratiques. Une telle approche, combinant vigilance, innovation et collaboration, permettra non seulement de respecter les normes, mais aussi de renforcer la confiance des consommateurs dans la qualité du produit.

**« Maîtriser le risque microbien, c'est anticiper ses variations pour mieux les contrôler. »**

# *Références bibliographiques*

**Les références bibliographiques**

**A.....**

**ADJIMI Fatima et CHEGRA Abderrahmane (2020)** : Étude des pratiques traditionnelles des viandes rouges séchées en Algérie, (El-Guedid).

**AMMOUR Hizia (2013)** : l'influence de la température sur les produits carnés au cours de stockage.

**ANSES (2021)** : Évaluation des critères microbiologiques applicables aux viandes hachées. Rapport scientifique, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, France.

**ANSES (2022)**. Surveillance microbiologique des denrées alimentaires en France. Rapport annuel, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation.

**ARTHUR, T.M. et al. (2015)**. "Microbiological quality of ground beef from conventional and organic production systems". *Journal of Food Protection*, 78(5), 914-920.

**ASLAM, A., Mariam, I., Haq, I., Ali, S., (2000)**: Microbiology of Raw Minced Beef, Pak J Biolo Sc.

**B.....**

**BABA –SACI Nour et FADAI Roumaïssa (2019)** : caractérisation physico-chimique des viandes rouges les plus consommées au niveau des boucheries de Ouargla.

**BABADJI K et ZEBBAR Z., (2018)** : L'effet de l'ajout des composés phénoliques extraites de la fraise et la betterave rouge sur le stress oxydatif de la viande ovine. Fac. Sci Natu. Vie, Univ. Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem.

**BAILLY J.D, BRUGERE H. et CHADRON H (2012)** : Microorganismes et Parasites des Viandes: les Connaître pour les Maîtriser de l'Éleveur au Consommateur. CIV, p 150. [www.civ-viande.org](http://www.civ-viande.org).

**BAUCHART, D., ORTIGUES - Marty, I., PATUREAU Mirand, P., et al. (2008)**. "Qualité nutritionnelle des protéines de la viande bovine et facteurs de production". INRA Prod. Anim., 21(3), 191-202.

**BIESALSKI, H.K., et NOHR, D. (2009).** "New aspects of vitamin and mineral supplementation in at-risk groups". *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, **12**(6), 588–593.

**BELLIH Khadidja et BENLAHRECH Fatma Aicha Widad (2021) :** synthèse bibliographique sur les paramètres de variation de la qualité organoleptique des viandes rouges.

**BENAISSA Atika (2016) :** évolution des qualités physicochimique, biochimique et microbiologique de la viande cameline au cours de son attendrissage et sa conservation selon différents modes. Université kasdi Merbah Ouargla.

**BENHANAYA I et KOUDOUR H (2020) :** Etude bibliographique sur la qualité physico-chimique de la viande ovine.

**BHATIA, A. and ZAHORahoor, S. (2007):** *Staphylococcus enterotoxins: A review* .J. *Clinical and Diagnostic Res.*, 1:188-197.

**BOUCQUIAU A, (2014) :** viande et santé, une question d'équilibre ? 19<sup>ème</sup> Carrefour des productions animales.

**BOUDJELLAL, A., et Mati, A. (2009).** "Hygiène et sécurité des viandes hachées : pratiques artisanales et industrielles". *Revue Générale du Froid*, **109**(4), 45-52.

**BOURGEOIS C.M. et LEVREAU J (1996) :** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Paris: Lavoisier TEC et DOC.

**BOUSMAHA, F., (2008) :** Evaluation de la contamination bactérienne superficielle des carcasses de Bovins à l'abattoir de Tiaret, Msc Thesis. University of Tiaret, Algeria.

**BOUZID, R., GUEMMOUR, D., ZIDANE, K., AGGAD, H., BENDELLA, A., SAEGERMAN, C., (2015):** Hygienic quality of minced meat retailed in western Algeria, *Journal of Virology & Microbiology*.

**BRICHTA-HARHAY, D.M. et al. (2012):** "Microbiological analysis of bovine carcasses at US processing plants". *Journal of Animal Science*, **90**(7) 2322-2331.

C.....

**CARTIER et MOEVI., (2007) :** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. Institut de l'Élevage : Paris, 72 p.

**CHEN, J.; LÜ, Z.; AN, Z.; JI, P.; LIU, X. (2020)** Antibacterial Activities of Sophorolipids and Nisin and Their Combination against Foodborne Pathogen *Staphylococcus Aureus*. Eur. J. Lipid Sci. Technol.

**CHEBAB B :** les tissus musculaires (cours d'histologie)

**Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) (2015 :** qu'est qu'une viande rouge.

**C.I.V (Centre d'Information de Viande) (2004) :** les qualités organoleptiques de la viande bovine Bases scientifiques pour une bonne utilisation culinaire.

**CLINQUART A. (2012):** Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. Ann. Méd. Vét.

**COHEN, N., FILLIOL, I., KARRAOUAN, B., BADRI, S., CARLE, I., ENNAJI, H. BOUCHRIF, B. HASSAR, M., KARIB, H. (2008):** Microbial quality control of raw ground beef and fresh sausage in Casablanca (Morocco), J Environ Health.

**COIBION, L. (2008) :** Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine: Adaptation à la demande du consommateur. Ecole nationale vétérinaire de Toulouse.

**C.S.S (Conseil Supérieur de la Santé) : 2013 et 2019 et World Cancer Research Fund, (2007) :** Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prévention of Cancer, a Global Perspective. Washington DC.

**C.S.S (Conseil Supérieur de la Santé) (2016) :** Recommandations alimentaires pour la Belgique. Avis n°9285.

**CRAPLET C., (1966) :** La viande de bovins .Tome I .Ed Vignot frère, Paris p 74.86.

**D.....**

**DAABOUZI, A, GAMOUHI, A., KHEDID, K., CHAROF, R., QASMAOUI, A., MENNANE, Z (2010) :** Caractérisation physicochimique et microbiologique de la viande hachée du dromadaire issue des régions de Casablanca, Rabat et sale, Les technologies de laboratoire.

**DENNAI N, KHARRATTI B. et EL YACHIOUIM A (2001) :** Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus. Annales de Médecine Vétérinaire.

**DENOEUD Julie, MARIOT Pascal et FREROT Hélène et DEBETTE Jacqueline (2014) :** les tissus animaux .Service enseignement multi média. Université Lille.

**DENOYELLE C., BROUARD S., LEGRAND I., QUILICHINI Y. (2001) :** La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : applications dans les filières bovine et ovine. Renc. Rech. Ruminants.

**DIEZ-GONZALEZ F (2014):** Total viable counts | Specific Techniques. Encyclopedia of Food Microbiology (second édition). , Pages 630-635.

**DOUNY, C. et al. (2019):** "Seasonal impact on microbial contamination of meat products in Belgium". *Food Microbiology*, 82, 363-370.

**DRANSFIELD E., (1994):** Tenderness of meat, poultry and fish. In: Pearson A.M.,

**DURAND D., GRUFFAT-MOUTY D., HOCQUETTE J.F., MICOL D., DUBROEUCQ H., JAILLER R., JASHAO SB., SCISLOWSKI V., BAUCHART (2001) :** Relations entre caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles et qualités organoleptiques et nutritionnelles de la viande chez le bouvillon recevant des rations supplémentées en huile de tournesol riche en AGPI n-6.

**E.....**

**EFSA (2021):** "Microbiological baseline study on meat products in the EU". *EFSA Journal*, 19(3), 6401.

**EFSA (2022):** "Microbiological baseline studies in the EU". *EFSA Journal*, 20 (1), 7001.

**EL RAMMOUZ, R. (2005) :** Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles .contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution de pH  
Thèse de doctorat en science agronomique .Toulouse.

**EMSWILER, B.S., PIESON, C.J., KOTULA, A. W., (1976):** Bacteriological quality and shelf life of ground beef. Appl Environ Microbiol.

**F.....**

**FALLANI, M., RIGOTTIER GOIS, L., AGUILERA, M., BRIDONNEAU, C., COLLIGNON, A., Ed wards, C.A., CORTHER, G., DORE , J.,(2006) :** Clostridium difficile and Clostridium perfringens species detected in infant faecal microbiota using16Sr RNA targeted probes. Journal of Microbiological Methods.

**FANTELI, K, STEPHAN, R,** prevalence and caractéristiques of shigatoxin-producing *Escherichia coli* and listeria monocytogenes strains isolated from minced meat in Switzerland, int J Food Microbiol., 2001, 70, 63-9.

**FAO, (1994) :** Technique et règles d'hygiène en matière d'abattage et de la manipulation de la viande dans l'abatage. ISBN. Rome.

**F.A.O., (2014) :** Division de la production et de la santé animales.

**FATHY, A.K.A., (1988):** Sanitary status of meat products and fish in Beni Suef .University, Egypt.

**FOREST, D.C., HAROLD, D.A., JUDGE, B.A., Robert, E.A.,** Different Types of meat and Meat product consumed by Nigerian, principle of meat science , Pub WA. Freeman and Co pop., 1985, 4-178.

**FOSSE J, CAPPELIER J.M, LAROCHE M, FRADIN N, GIRAUDET K. et MAGRAS C (2006) :** Viandes bovines: une analyse des dangers biologiques pour le consommateur appliquée à l'abattoir.

**FRAYSSE J-L et DARRE A, (1990) :** Composition et structure du muscle évolution *post Mortem* qualité des viandes volume 1. Lavoisier technique et documentation. Paris

**G.....**

**GAGAOUA M., (2015) :** Biomarqueurs des qualités sensorielles de la viande bovine :

**I.N.A.T.A.A.,** Univ. Frères Mentouri, Constantine.

**GANDEMER, G. (1999).** Lipids and meat quality: lipolysis, oxidation, Maillard reaction and flavour.

**GARCIA, M.V. et al. (2018):** "Microbial quality parameters of meat products in retail markets". *Food Control*, 86, 34-39.

**GHAFIR Y et DAUBE G (2007) :** Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale. *Annales de Médecine Vétérinaire*,

**GIRARD, J.P., CULIOLI, J., et TOURAILLE, C. (1988).** "Effets des traitements mécaniques sur les propriétés physico-chimiques de la viande". *Sciences des Aliments*, 8 (2), 215-230.

**GOMES, B.C. et al. (2019):** "Microbiological quality of Brazilian ground beef". *Brazilian Journal of Microbiology*, 50(1), 335-343.

**GRACEY, F., Food Poisoning and Meat Microbiology in Meat Hygiene (1986):** Ed. Gracey, C.F. Chapter 11. 8th. Ed.. Bailliere Tindal, London.

**GUIRAUD P.J, BRABET C, FONTANA A, GALINDO S. et MONTET D (2012) :** Microbiologie Alimentaire. Dunod. (ed), Unithèque, Paris.

**H.....**

**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.

**HAMMAD, A.M. et al. (2012):** «Occurrence and characteristics of methicillin-resistant and -susceptible *Staphylococcus aureus* in the retail meat chain". *Journal of Food Protection*.

**Health Canada (2018):** "Canadian microbiological baseline survey of beef trimmings. *Government of Canada Publications*.

**HERIDIA, N. GARCIA, S, ROJAS G, SALAZAR, L.,** microbiological condition of ground meat retailed in Monterrey, Mexico, *J Food Prot.*, 2001, 64, 1249-1251.

**HEUTSCHI Jean-Marc et JAMES Egan, 2008 :** présentation sur les processus physiques et chimiques dans la maturation et la cuisson. Cours Brevet Fédéral. Cuisiner 2008-2009.

**HOCQUETTE, J.F., ORTIGUES-MARTY, I., PETHICK, D., et al. (2005).** *INRA Prod. Anim.*, **18**(4), 303-318.

**HOCKING, A.D. et al. (2007):** "Advances in microbiological sampling and testing for meat products". *Journal of Food Protection*.

**HORNICK, J., DUFRASNE (2014) :** L'élevage du Blanc Bleu belge – Journée C.E.S.A.M, Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge.

**I.....**

**ICMSF (2018):** "Microbiological specifications for food safety". International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 2<sup>nd</sup> ed.

**INSEE (institut national de la statistique et des études économiques) (2018) :** l'industrie de la viande : premier secteur des industries alimentaires, touché par des crises répétées.

**IONOVA, I., MONOV, G., KOLODENKO, V., TANEV, M., RAULOVA, I.,** Presence of salmonellae and coliform bacteria in ground meat and the sources of its contamination, *Vet M<sup>ed</sup> Nauki*, 1981.

**J.....**

**JAY, LOESSNER et GOLDEN (2005):** Modern Food Microbiology → Seuils critiques d'Aw pour les pathogènes.

**JEACOCKE, R.E., (1984),** the kinetics of rigor onset in beef muscle fibers. *Meat Science*.

**K.....**

**KA, M., (2006):** Evolution of the bacterial flora of ground beef during refrigerated storage. D.E.A Animal Productions. University sheikh Anta Diop de Dakar. Senegal.

- KAGAMBEGA A. et al. (2021):** "Microbial contamination of street-vended foods in Burkina Faso". *Food Control*.
- KARAMICHOUE., RICHARDSON R.I., NUTE G.R., MCLEAN K.A., BISHOP S.C., (2005):** Genetic Analyses of Carcass Composition, as Assessed by X-ray Computer Tomography, and Meat Quality Traits in Scottish Blackface Sheep.
- KAYAL S, LILENBAUM A, JOIN -LAMBERT O, LI X, ISRAEL A, BERCHE P, (2002):** listériolysin O secreted by *Listeria monocytogenes* induces NF- $\kappa$ B signaling by activating the IKK complex, *Mol Microbiol*.
- L.....**
- LABBE, R. G.; JUNEJA, V. K. (2002):** Foodborne diseases N°. Ed. 2.
- LAMELOISE.P., ROUSSEL-CIQUARD.N., ROSSET.R., (1984) :** Evolution des qualités organoleptiques. Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires,
- LAPORTE, J., et MAINSANT, P. (2012).** "Qualité nutritionnelle des protéines animales : digestibilité et utilisation métabolique". *Cahiers de Nutrition*, **27**(4), 210-218.
- LEBRET, B. et PICARD B. (2015):** Les principales composantes de la qualité des carcasses et des viandes dans les différentes espèces animales. INRA Productions Animales.
- LEMAIRE J.R, (1982) :** Description et caractères généraux des principales étapes de la filière viande dont hygiène et technologie de la viande fraîche .CNRS .Paris .
- LE GRAND, F., LEBRET, B., et BAUCHART, D. (2016).** "Nutritional value of beef from adult cattle: A forgotten resource for high-quality protein and bioactive lipids?" *Meat Science*, **120**, 120–129.
- LHL (2024) :** laboratoire d'hygiène local : .lhl@lhlfr
- LEVERVEX., (2010) :** Alimentation : les différentes facettes de la qualité. La chimie et l'alimentation, pour le bien-être de l'homme.
- LEYVA SALAS M. et al. (2019):** "Microbiological safety of processed meats: A global perspective". *Meat Science*.

**LINDSTROM Miia , KATRI kiviniemi, HANNU karkalla (2006):** Hazard and control of group II (non protéolytic) *Clostridium botulinum* in modern food processing. International Journal of Food Microbiology.

**M.....**

**MAGNUS, P.,** Meat composition. Food Science and Technology, 4<sup>th</sup> edition, Gohumunary Pub: London, 1981.

**MANCINI et HUNT (2005)** dans Meat Science : Analyse l'impact du pH sur la couleur et la stabilité microbiologique de la viande.

**MALCOLM J. Brand, MICHAEL Johnson, ANDREW J. ELPHINSTON, DON D. RATNAYAKA (2017):** Chemistry, Microbiology and Biology of Water.

**MENDONCA A F, JUNEJA V K, DARABA A (2014):** Total viable counts| Metabolic Activity Tests. Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition).

**MEYER, C., VANDERPUTTE, J., et KACCKENBEECK, A. (1984).** "Toxin production by foodborne pathogens: Mechanisms and detection in meat products". Journal of Food Safety, 6(2), 45-63.

**MINOR, T.E., MARTH, E.H., (1976):** *Staphylococci* and their significance in foods. Elsevier, Amsterdam.

**MONIN G., (1991) :** Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA Productions Animales.

**MURAT, M. (2009) :** Nutrition humaine et sécurité alimentaire (éd. 1<sup>e</sup>). France: Technique de documentation Lavoisier.

**N.....**

**NICOT, (1606) :** Trésor de la langue française. Dictionnaire du 17<sup>ème</sup> siècle

**NORMANNO, G. et al. (2007):** "Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in foods of animal origin product in Italy". *International Journal of Food Microbiology*.

**NUBEL, (2017)** : Table belge de composition des aliments (6<sup>ème</sup> édition).

**O**.....

**OIE (World Organisation for Animal Health). (2008).** "Antimicrobial resistance in Campylobacter: Global trends and surveillance guidelines". *OIE Technical Series*, **12**, 1-48.

**OMS (1988)** Guidelines for Safe Meat Processing → Base historique sur les risques sanitaires.

**OUALI A., (1991)** : Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. INRA Productions Animales.

**OUMOKHTAR, Bouchra. KARIB, Hakim., BOUCHRITI, Nourredine., ARABA, Abdelilah. (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.

**OUMOKHTAR, B., BERRADA, H., AMEUR, N., El FAKIR, S., (2008)** : Analyse microbiologique de la viande hachée commercialisée à Fès, Maroc.

**OUMOKHTAR B., ARHOUNE B., HMAMI F., et al. (2017).** Intestinal carriage of antibiotic resistant *Acinetobacter baumannii* among newborns hospitalized in Moroccan neonatal intensive care unit. *PLoS ONE*, **14**(1), e0209425.

**P**.....

**PETRIE, A., WATSON, P.,** Statistics for Veterinary and Animal Science, 2nd ed., Blackwell Science Ltd., Oxford, UK, 2006, 299.

**PINTO, A. S. et al. (2020):** "Microbiological quality of ready-to-eat foods under tropical climate conditions: A Brazilian case study". *Food Control*, **118**, 107382.

**POUMEYROL M et POPOFF M (2006)** : Fiche de description de danger microbiologique transmissible par aliments : *Clostridium perfringens*, AFSSA.

R.....

**RAO, V.A., THULASI, G., RUBAN, S.W.,** Meat quality characteristics of non-descript buffalos as affected by age and sex, World Appl Sci J, 2009, 1058-65.

**RENATE Lüllmann-Rauch (2006) : Histologie.** 1<sup>er</sup> cycle des études médicales. Copyright de l'édition allemande originale.

**REYAD R. SHAWISH and NASER A. Al- HUMAM (2016):** Contamination of beef products with staphylococcal classical enterotoxins in Egypt and Saudi Arabia.

**ROBERTS, T.A., BRITTON, C.R., HUDSON, W.R., (1980):** The bacteriological quality of minced beef in the U.K.

**ROBERT E. BRACKETT Chapter 6 (1993):** Microbial quality Food Science and Technology.

**ROMBOUTS, F.M., NOUT, R:** food microbiology and hygiene, Encyclopedia of human Biology Academic Press, 1994.

S.....

**SAGAR Aryel (2022):** ©2025MicrobiologyInfo.

**SALIFOU C.F.A., YOUSAO A.K.I., AHOUNOU G.S., TOUGAN P.U., FAROUGOU S., Mensah G.A., SHAPIRO, R., ACKERS, M.L., LANCE, S., Rabbani, M., Schaefer, L., DAUGHERTY, J., THELEN, C., SWERDLOW, D.,** *Salmonella* Thompson associated with improper handling of roast beef a restaurant in Sioux Falls, South Dakota, J Food Prot, 1999, 62, 118-122.

**SALIFOU (2012):** décentralisation et développement: la reconstruction du développement local. Cas de la commune rurale de Guidimouni (Niger).thèse de doctorat de géographie, Université de Poitiers, France, p.314.

**SALIFOU C.F.A, BOKO K.C., ATTAKPA Y.E., AGOSSA R., OGBANKOTAN I., FAROUGOU S., MENSAH G.A., SALIFOU S., CLINQUART A., YOUSAO A.K.I.** évaluation de la qualité bactériologique de viande fraîche de bovins abattus aux abattoirs de Cotonou- Porto-Novo au cours de la chaine de distribution. Journal of animal et plant sciences, 2013. Vol.17, issue2 :2567 -2579. Publication date 9/4/2013.

**SALIHU, M.D., JUNAIDU, A.U., MAGAJI, A.A., ALIYU, R.M., YAKUBU, Y., SHITTU, A., IBRAHIM, M.A (2010):** Bacteriological quality of traditionally prepared fried ground beef (Dambunnama) in Sokoto, Nigeria, *Adv J Food Sc Tech*.

**SALMI C. JAOUAD M., SADRAOUI R., (2016).** Etude du système de commercialisation des viandes rouges dans le Sud Est de la Tunisie : cas du Gouvernorat de Médenine. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 115*, pp. 187- 193

**Santé Canada (2018):** "Canadian Microbiological Baseline Survey of Meat Products". Health Canada Publications.

**Santé Canada (2020) :** Normes microbiologiques pour les produits carnés au Canada. Document technique, Gouvernement du Canada.

**SCHMITT M, SCHULER-SCHMIDT U et SCHMIDT-LORENZ W (1990):** Temperature limits of growth, TNase and enterotoxin production of *Staphylococcus aureus* strains isolated from foods. *Int J Food Microbiol*.

**SEIGNEURIN Daniel et BOUTONNAT Jean (2012) :** tissu musculaire. Université Joseph Fourier de Grenoble.

**SKROKKI, A (1997):** Hygienic quality of commercial minced meat as indicated by aerobic micro-organisms and Coliform bacteria.

**SIRIKEN, B. (2004):** The microbiological quality of ground beef in Aydin and Afyon Provinces, Turkey.

**SILVA, P. et al. (2019):** "Microbiological quality assessment of ground meat products in Canadian retail markets". *Journal of Food Safety*.

**SMILI H., 2014** -Etude de paramètres physico-chimiques et biochimiques en cinétique au cours de la maturation de la viande de dromadaire. I.N.A.T.A.A., Univ. Des Frères Mentouri, Constantine.

**SMITH T.P., CASAS E., XROAD C.E. III, KAPPES S.M. and KEELE J.W. (2000):** Bovine CAP N°1 maps to a region of BTA29 containing a quantitative trait locus for meat tenderness. *Journal of Animal Science*, 78(10):2589-2594.

**SOOMRO AH, ARAIN MA, KHASKHELI M, BHUTTO B (2002).** Isolation of *Escherichia coli* from raw milk and milk products in relation to public health sold under market conditions at Tandojam. Pakistan.

**STAHNKE, L.H. et al. (2021).** "Novel approaches to microbial reduction in meat processing". International Journal of Food Microbiology, 337, 108933.

**STARON T., 1979.** La viande dans l'alimentation humaine. APRIA .Paris.

**STARON T., 1982.** Viande et alimentation humaine .Ed. Apria, Paris.

**T.....**

**TAORMINA, P.J., BARTHOLOMEW, GW. DORSA, WJ. (2003):** Incidence of *Clostridium perfringens* in commercially produced cured raw meat product mixtures and behavior in cooked products during chilling and refrigerated storage. J. Food Prot. 66, 72–81.

**TOURAILLE. C (1994) :** incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. Station de recherches sur la viande, INRA.

**TUDOR, L., LOGOE, I., MITRANESCU, E.,** the microbiological quality analysis of some meet products treated on Bucharest markets, LUC St Med Vet , 2007, 688-393

**U.....**

**U.N.E.S.S (2010) :** Les catégories d'aliments Collège des Enseignants de Nutrition. [http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition\\_4/site/html/cours.pdf](http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_4/site/html/cours.pdf).

**W.....**

**WATERS, A.E. et al. (2016):** "Multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* in US meat and poultry". *Clinical Infectious Diseases*, 52(10), 1227-1230.

**WHO (2015):** World Health Organization Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group 2007–2015. WHO estimates the global burden of foodborne diseases. Genf.

**Y**.....

**YOUSSEF, H., HEFNAWY, Y., AHMED, S.H., ABDEL RAHMAN, H.,**  
Bacteriological evaluation of raw minced meat in Assiut City, Fleishwirtsch, 1984, 64,  
590-592.

**Z**.....

**ZHAO, X. et al. (2020):** "Prevalence of foodborne pathogens in US meat products". Journal  
of Food Protection, 83(5), 823-831.

**ZIED Dhraief Mohamed et KHALDI Raoudha (2012) :** Analyse de la qualité perçue des  
viandes par le consommateur Tunisien. NEW MEDIT N.

**ZIGH Ibtissem, SALAH Souad et BOUDIEB Nour El Houda (2024) :** contribution à  
l'évaluation de la qualité bactériologique de la viande hachée commercialisée à Ain  
Témouchent.

# ***Annexes***

### *Les milieux de culture utilisés*

#### **Milieu TSE (Tryptone Sel Eau) :**

- Tryptone.....10g
- Chlorure de sodium (NaCl).....8.5g
- Eau distillée.....1000ml
- PH.....7.0

#### **Plate count Agar (PCA) :**

- Extrait de levure .....25g
- Peptone.....5.0g
- Glucose.....1.0g
- Agar.....15.0g
- Eau distillée.....QSP 1L
- PH.....7.0E0.2

#### **Gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar) : isolement des coliformes**

- Peptone pancréatique.....7.0g
- Extrait de levure.....3.0g
- Lactose.....10.0g
- Sels biliaires.....1.5g
- Cristal violet.....0.002g
- Rouge neutre.....0.03g
- Chlorure de sodium.....5.0g
- Agar.....15.0g
- pH.....7.4 ± 0.2

**Gélose viande –foie (VF) : isolement des anaérobies strictes (*Clostridium* spp)**

- Infusion de cœur de bœuf.....10.0g
- Foie de bœuf déshydraté.....5.0g
- Peptone pancréatique.....10.0g
- Glucose.....2.0g
- Chlorure de sodium.....5.0g
- Agar.....15.0g
- Cystine.....0.5g
- pH.....  $7.3 \pm 0.2$

**Gélose Baird-Parker (BP) : isolement sélectif de *Staphylococcus aureus***

- Extrait de levure.....10.0g
- Peptone pancréatique.....10.0g
- Glycine.....12.0g
- Pyruvate de lythium.....10.0g
- Chlorure de sodium.....5.0g
- Agar.....20.0g
- Tellurite de potassium.....0.1g

**Supplément (à ajouter après autoclavage)**

- Jaune d'œuf (émulsion).....50ml
- Tellurite de potassium (1%).....10ml
- pH.....  $6.8 \pm 0.2$

**Gélose OGA (Oxford *Listeria* Agar)**

- Extrait de viande et levure.....23.0g
- LiCl.....15.0g
- Colistine.....20mg
- Ceftazidime.....50mg
- Cycloheximide.....400mg
- Rouge de phénol.....0.05g

## Gélose Sabouraud

- Peptone.....10.0g
- Glucose.....40.0g
- Agar.....15.0g
- pH.....5.6g

**(Dichloran 18% Glycerol Agar - Réf. HiMedia, Inde): isolement sélectif des moisissures et levures**

- Extrait de levure.....5.0g
- peptone.....5.0g
- glucose.....10.0g
- glycérol.....220g (18%)
- Dichloran 2.6-dichloro-4-nitroaniline.....0.002g
- Chloramphenicol.....0.1g
- Agar.....15.0g
- pH..... 5.6 ± 0.2