

## ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

### Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme Master en science vétérinaire

#### Viandes de boucherie : Etude bibliographique

**Présenté par : BOUSSAADA Abderraouf**

**BOUSSAIDI Saïd**

**KAYA Yazid**

**Soutenu le 28-01-2020**

**Devant le jury composé de**

Président :	GOUCEM Rachid	MAA/ENSV
Promoteur :	HAMDI Taha Mossadak	Pr/ENSV
Examineur 1 :	BOUHAMED Radia	MCB/ENSV
Examineur 2 :	BOUAYAD Leila	MCA/ENSV

**Année universitaire 2018-2019**



## ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

### Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme Master en science vétérinaire

#### Viandes de boucherie : Etude bibliographique

**Présenté par : BOUSSAADA Abderraouf**

**BOUSSAIDI Saïd**

**KAYA Yazid**

**Soutenu le 28-01-2020**

#### **Devant le jury composé de**

Président :	GOUCEM Rachid	MAA/ENSV
Promoteur :	HAMDI Taha Mossadak	Pr/ENSV
Examineur 1 :	BOUHAMED Radia	MCB/ENSV
Examineur 2 :	BOUAYAD Leila	MCA/ENSV

**Année universitaire 2018-2019**

# Remerciements

En premier lieu, nous remercions DIEU le tout puissant qui a éclairé notre chemin.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à :

Notre promoteur Professeur **HAMDI Taha Mossadak** pour avoir accepté de diriger ce travail avec patience et compétence et pour ses précieux conseils et toute l'attention qu'il nous a accordé tout au long de ce travail.

Monsieur **GOUCEM R.** pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.

**Dr BOUAYAD L.**, et **Dr BOUHAMED R.**, pour avoir bien voulu examiner ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier les vétérinaires des abattoirs de Bordj-Bou-Argeridj et de Thénia et le personnel de la bibliothèque pour leurs collaborations.

En fin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

# Dédicaces

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, mon soutien moral, ma vie et mon bonheur ;

**mes chers parents**, que j'adore et qui m'ont toujours dirigé et encouragé durant toutes ces années, car sans eux je n'aurais pas pu devenir ce que je suis aujourd'hui, de même pour tous leurs sacrifices, et leurs prières tout au long de ma vie (que Dieu me les garde inchallah).

**A mes chers sœurs** (Sabah, Souad, Warda) **et frères** (Sami, Abdellah, Farid, Soufian) pour leur appui et leurs encouragements, leur soutien tout au long de mon parcours.

Et leurs enfants, Oumayma, Yahia, Mohamed, meriem, Nour, Youness, Ibrahim, Alaa, Ikhlas, Rahimo, Anis, Intissar, Ilyess

A l'effectif GLOBAL STORE, Toufik, Mustapha, Amer, Samir, Yasmine, Abd el hak, et Cherif Berah

A mon ami et Binôme **SAID**

A tous les amis de l'ENSV Yazid , Kamel, Aymen, Ziad, Mouhamed, Haroun, Wail, Madjd, Salah, Housseem mimoria

A tous **mes amis** Oussama, Amir, Saif eddine, Youcef, Saleh, Bilal, Hossem, Zazo, Yaakoub... Et aussi aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé.

**RAOUF**

# Dédicaces

Au nom de Dieu le clément et le miséricordieux, louanges à ALLAH le tout puissant.

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de remerciement :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

A mes chères sœurs Souhila, Khira, Hayat, Souad et Amina, et à mon cher frère Mohamed

A ma tante Saliha

Et mes neveux, Manel, Lina, wafa ;arwa ;Assil et Haytem

Et mes cousins Nabil, Bilal, et amine et toutes mes cousines

A tout ma famille pour son soutien tout au long de mon parcours universitaire.

A mon cher binôme Raouf

A tous mes chers amis, Abd slam, Karim, Walid, Toufik et son frère Faicel, Louanes, Bilal, Mohammed, Haroun, Yazid, Ziad, Aymen, Kamel

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible.

**SAID**

## Dédicace

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi c'est tous simplement que je dédie ce travail.*

*A mes très chers parents : Houssine et Nouara*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer la profondeur des sentiments d'affection, d'estime et de respect que je vous porte, pour l'amour dont vous m'avez toujours comblé, l'éducation et le bien être que vous m'assurez, pour votre soutien, vos sacrifices et vos prières. Aussi fier d'y appartenir, aussi déterminer a en être digne.*

*A mes chers frères : Salim, Redha, Moumen et Halim*

*A mes chères sœurs : Assia et Loubna*

*A toute ma grande famille, mes oncles, mes tantes et mes cousins*

*A mes amis d'enfance : Moumen, Fares, Oussama, Farhat... et mes cousins : Amer, Youcef et Yassin*

*A mes chers amis : Madjed, Brahim, Islam, Walid, Akrem, Chouayb, Bilal, Samir, Seddik*

*A ma chère enseignante de science au lycée : Djedi*

*A tous nos amis de l'ENSV : Ziad, Wail, Mouhamed, Moumen, Housseem, Massi, Anes, Salah, Madjd, Yacine, Aimen*

*A nos amis de la promotion 2013*

*Ilyes, Okba, Boubaker, Rahim, Salah, qui nous ont aidé aussi avec leurs expériences*

*A tous mes enseignant qui m'ont bien formé sur le plan éducatif et intellectuel dans tout mon cursus de l'école primaire a l'école vétérinaire*

*Je termine avec un spécial dédicace à Saïd et Raouf mes chers trinômes pour les moments inoubliables qu'on a passé pendant la réalisation de notre PFE*

**YAZID**

## Liste des tableaux :

<b>Tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>Tableau N°01</b>	Pourcentage des acides gras des lipides des bovins	13

## Liste des figures :

<b>Figures</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>Figure N°01</b>	La glycolyse et ses alternatives	46
<b>Figure N°02</b>	Fermentation hétérolactique	48
<b>Figure N°03</b>	Fermentation gluconique	49
<b>Figure N°04</b>	Catabolisme des triglycérides	50

## Les abréviations :

Å : angström

K<sup>+</sup> : potassium

Na<sup>+</sup> : sodium

Cl<sup>-</sup> : chlore

ATP : adénosine triphosphate

ADP : adénosine diphosphate

WHC : water holding Capacity

PRE : pouvoir de rétention de l'eau

UV : ultra-violet

HACCP: Hazard Analysis and critical control points

Cm<sup>2</sup>: centimeter carré

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: peroxide d'hydrogène

FAO: The Food and Agriculture Organization of the United Nations

AW: activity of water

P : phosphore

HMP : hexose monophosphate

SHU : syndrome hémolytique et urémique

STEC : shigatoxin producing E. coli

VTEC: verotoxin producing E. coli

EHEC: enterohemorrhagic E. coli

FAD: flavin adenine dinucleotide

NAD: Nicotinamide adenine dinucleotide

NADH,H<sup>+</sup>: Nicotinamide adenine dinucleotide hydrogène

<b>Introduction :</b> .....	<b>01</b>
-----------------------------	-----------

## **Chapitre 01 : Généralités sur la viande**

<b>1.1-Définition de la viande :</b> .....	<b>03</b>
<b>1.2. Types de viandes :</b> .....	<b>03</b>
<b>1.3-Structure et composition de la viande :</b> .....	<b>04</b>
<b>1. 3.1 Structure :</b> .....	<b>04</b>
<b>1. 3.1.1 Tissu musculaire :</b> .....	<b>04</b>
<b>1. 3.1.1.1 Cellule musculaire :</b> .....	<b>04</b>
<b>1. 3.1.1.2 Myofibrilles :</b> .....	<b>06</b>
<b>1.3.1.1.3 Protéines :</b> .....	<b>06</b>
<b>Myosine :</b> .....	<b>07</b>
<b>Actine :</b> .....	<b>07</b>
<b>1. 3.1.2 Tissu conjonctif :</b> .....	<b>08</b>
<b>1.3.1.2.1 Structure :</b> .....	<b>08</b>
<b>A. Cellules :</b> .....	<b>08</b>
<b>B. Matières interstitielles ou substance fondamentale :</b> .....	<b>08</b>
<b>C. Fibres de collagène :</b> .....	<b>09</b>
<b>D. Fibres d'élastine :</b> .....	<b>09</b>
<b>E. Fibres de réticuline :</b> .....	<b>09</b>
<b>1. 3.1.3. Tissu graisseux :</b> .....	<b>10</b>
<b>1. 3.2 Composition :</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3.2.1 Eau :</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3.2.2 Matières azotés :</b> .....	<b>11</b>
<b>1. 3.2.2.1. Classification chimique :</b> .....	<b>11</b>

1. 3.2.2.2 Classification physiologique des protéines : .....	12
1.3.2.3 lipides : .....	13
1. 3.2.4 Glucides : .....	13
1. 3.2.5 Matières minérales : .....	13
1. 3.2.6 Vitamines : .....	14
1. 3.2.7 Hormones : .....	14
1.4. Qualités organoleptiques des viandes : .....	15
1.4.1 Tendreté : .....	15
1. 4.1.1 Facteurs intrinsèques : .....	16
1.4.1.2 Facteurs extrinsèques : .....	16
1. 4.2 Couleur : .....	16
1.4.3 Flaveur : .....	17
1. 4.4 Jutosité : .....	17

## **CHAPITRE 2 : Transformation du muscle en viande**

2.1 Les 5 étapes de la transformation du muscle en viande : .....	19
2.1.1 Etat vivant : .....	20
2.1.2 État pantelant (Delay period) : .....	20
2.1.3 Etat de rigor mortis : .....	20
2.1.3.1 Transformations : .....	20
A - Transformations physiques : .....	20
B - Transformations physiologiques : .....	20
C- Transformations chimiques : .....	21
D- Transformations physico-chimiques : .....	21
E- Transformations histochimiques : .....	21

<b>F- Transformations histologiques :</b>	21
<b>G- Transformations organoleptiques :</b>	22
2.1.3.2 Mécanisme de la rigidité cadavérique :	22
2.1.3.3 Temps d'apparition de la rigidité cadavérique : délai de pré-rigor :	22
2.1.3.4 Durée du rigor-mortis :	23
2.1.4 Etat rassis :	23
2.1.4.1 Transformations :	23
✓ Transformations physiques :	23
✓ Transformations chimiques :	23
✓ Transformations physico-chimiques :	24
✓ Transformations histologiques :	24
✓ Transformations organoleptiques :	24
2.1.4.2. Mécanisme de la maturation :	25
2.1.4.3 Vitesse de maturation :	25
2.1.5. Etat postérieur et état rassis :	26
2.2. Diverses présentations de la viande suivant l'état de froid :	26
2.3. Conservation de la viande :	27

## **Chapitre 3 : Origines des altérations**

3.1. Microbiologie de la viande :	32
3.1.1 Généralités :	32
3.1.2. Facteurs influençant la contamination de la viande :	33
✓ Température :	33
✓ Eau :	33
✓ Potentiel d'hydrogène :	33

✓ Oxygène : .....	33
<b>3.2. Flore de la viande : .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.1. Flore endogène ou flore originelle : .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.2. Flore exogène : .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.2.1. Flore de contamination due à l'abattage et à la première transformation : ...</b>	<b>34</b>
<b>3.2.2.2. Flores de contamination dues aux manipulations ultérieures : .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3. Évolution de la flore et dégradation de la viande : .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.1. Dégradations aérobies : .....</b>	<b>36</b>
✓ Viscosité ou poissage : .....	36
✓ Décoloration et verdissement : .....	36
✓ Pigmentations : .....	37
✓ Modifications des caractères organoleptiques : .....	37
✓ Moisissement : .....	37
✓ Putréfaction : .....	38
<b>3.3.2. Dégradations anaérobies : .....</b>	<b>38</b>
✓ Surissement : .....	38
✓ Puanteur d'os : .....	38
✓ Putréfaction : .....	39
<b>3.4 Principaux germes pathogènes de la viande : .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4.1 <i>Clostridium botulinum</i> : .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4.2 <i>Clostridium perfringens</i> : .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.3 <i>Staphylococcus aureus</i> : .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4.4 Salmonella : .....</b>	<b>41</b>
<b>3.4.5. <i>Escherichia coli</i> : .....</b>	<b>42</b>
<b>3.4.6 <i>Yersinia enterocolitica</i> : .....</b>	<b>42</b>

3.4.7 Campylobacter : .....	43
-----------------------------	----

## **Chapitre 4 : Mécanisme des altérations**

4.1. Glycolyse : .....	45
4.1.1 Alternatives de la glycolyse : .....	45
4.1.2 Fermentation hétérolactique bactérienne : .....	46
4.1.3 Fermentations « oxydatives » du glucose : .....	47
4.2. Protéolyse : .....	48
4.3. Lipolyse : .....	48
<b>Conclusion</b> .....	<b>50</b>

## **Introduction :**

La viande est par excellence, la première source de protéines animales, grâce à sa richesse en acides aminés indispensable qui la classe parmi les protéines nobles. Les viandes ovines et bovines sont les plus consommées en Algérie surtout au Nord, pendant que le dromadaire, grâce à son grand rendement de carcasse est considéré comme un animal jouant un grand rôle dans la production de viande au Sud [1].

La richesse de la viande en eau, en protéines de haute valeur biologique fait d'elle un aliment indispensable pour une alimentation équilibrée. Cependant, ces mêmes raisons la rendent un terrain favorable à la prolifération microbienne [2].

La microflore des viandes est composée essentiellement de germes saprophytes. La contamination par les germes pathogènes n'apparaît que rarement [3].

Les germes saprophytes les plus rencontrés sur les viandes rouges sont les genres : *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, les *Enterobacteriaceae* (*Escherichia coli*, *Klebsiella...*) *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* et *Clostridium* [4].

L'utilisation de diverses méthodes de conservation de la viande et des produits carnés remonte à la préhistoire, ou salaison, dessiccation, suppression d'oxygène, addition d'additifs, étaient appliquées pour augmenter la durée de vie de ces aliments [5].

La conservation des denrées alimentaires par l'emploi de la technique de réfrigération connaît un important essor. La réfrigération, qui est une conservation au froid des aliments périssables, notamment la viande, a pour effet la diminution de l'activité des bactéries en retardant leur prolifération.

La majorité des microorganismes tels que les coliformes fécaux et les germes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires ne sont plus capables d'activités métaboliques à des températures inférieures à 5°C. Cet abaissement de la température est aussi indispensable pour contrôler les propriétés organoleptiques post mortem de la viande (tendreté, flaveur, odeur et couleur). Ce mode de conservation ne peut en général excéder quelques jours, de l'ordre de deux à trois jours pour les viandes fraîches [5 ; 6 ; 7].

La présence des microorganismes peut être mise en évidence par des analyses microbiologiques servant à limiter les risques d'altération et des toxi-infections alimentaires.

**Chapitre 01 :**

**Généralités sur la viande**

## **1.1-Définition de la viande**

La viande est la chair des animaux utilisée pour l'alimentation humaine [8 ; 9].

Selon l'organisation mondiale de la santé animale, la viande désigne toutes les parties comestibles d'un animal et considère le mot « animal », dans ce contexte « tout mammifère ou oiseau ». Dans ce vocabulaire sont incluses la chair des mammifères (Ovin, bovin, caprin, camelin ...), des oiseaux (poulet, dinde, pintade ...) et celle des poissons [10 ; 11].

Les viandes se caractérisent par une grande hétérogénéité, elles sont principalement constituées de muscles striés squelettiques qui comportent aussi d'autres tissus en quantité très variable, selon les espèces, les races, les âges, les régimes alimentaires et la région anatomique concernée. Ce sont surtout les tissus conjonctifs, adipeux parfois les os et la peau. Les viandes sont aussi classées selon la couleur en : Viandes rouges et viandes blanches et selon la richesse en graisse en : Viandes maigres et viandes plus ou moins riches en graisse [12].

La viande et ses dérivés occupent une place de choix dans notre alimentation tant pour des raisons nutritionnelles que pour des raisons socioculturelles [13].

La viande est considérée comme une bonne source des protéines, avec un taux de 19,6% [14 ; 15].

## **1.2. Types de viandes**

Il existe différents types de viandes ; il convient de distinguer :

- La viande de boucherie qui correspond à toutes les parties de la carcasse des animaux domestiques, propres à la consommation humaine, tels que les bovins, les ovins, les caprins, les équidés et les porcins (pour la communauté mon musulmane). Traditionnellement, ces viandes sont classées par rapport à la couleur de leur chair :
- Viandes blanches : veau, agneau de lait, chevreau ;
- Viandes roses : porc,
- Viandes rouges : bœuf, mouton,
- Viandes dites noires : cheval,
- La viande de volaille qui regroupe toutes les parties comestibles des volailles et du lapin. La couleur de la chair permet également de les classer :
- Volailles à chair blanche : poules et coqs, chapons, dindes,

- Volailles à chair brune : canards, oies, pintades, pigeons, cailles,
- Gibiers dit à chair noire : venaison, lièvre, gibiers à plumes.
- Poissons : la couleur de leur chair varie selon plusieurs paramètres, la saison, le sexe, l'âge, etc., allant du blanc au rouge [36].

### **1.3-Structure et composition de la viande :**

#### **1.3.1 Structure :**

La connaissance de l'histologie, de la biochimie et de la physiologie du muscle est indispensable pour comprendre les processus qui suivent l'abattage, pour utiliser au mieux la viande pour la consommation et pour faire des progrès dans l'amélioration de la qualité de la viande, sous toutes ses formes. Là comme dans d'autres domaines, les problèmes techniques ne peuvent être parfaitement compris que par une analyse scientifique des phénomènes biologiques de base, même si notre connaissance est encore très imparfaite. Après avoir essayé de définir le mot viande nous en examinerons la composition puis nous étudierons les 3 tissus composant la viande, à savoir : le tissu musculaire, le tissu conjonctif et le tissu grasseux [16].

##### **1.3.1.1 Tissu musculaire :**

Le tissu musculaire est composé d'une centaine de muscles, dont le poids varie chez les gros bovins, de quelques grammes à plus de 10 Kg. Le tissu musculaire de la viande est composé de cellules, les fibres musculaires striées, ainsi appelées par opposition aux fibres musculaires lisses, parce qu'elles sont striées non seulement dans le sens de la longueur mais aussi dans le sens transversal [16].

##### **1.3.1.1.1 La cellule musculaire :**

C'est une cellule très différenciée appelée fibre musculaire ayant la forme d'un prisme polygonal très allongé : le diamètre varie de 10  $\mu\text{m}$  à 100  $\mu\text{m}$ , la longueur varie de 3 à 20 cm voire plus, puisqu'un chercheur allemand a trouvé 98 cm pour une fibre du long dorsal du bovin ; la cellule musculaire est donc 1000 fois plus longue que large (50.000  $\mu\text{m}$  sur 50  $\mu\text{m}$ ) et dans la littérature, on la représente toujours d'une manière incorrecte en raison de ce rapport de 1 à 1000. Malgré sa longueur, cette cellule est petite puisque dans un volume de muscle équivalent à celui d'une épingle on peut compter jusqu'à 200 fibres musculaires. Examinée au

microscope en lumière favorable, la cellule musculaire montre une double striation : une striation longitudinale due aux myofibrilles et une striation transversale beaucoup plus nette et plus régulière due à la structure identique au même étage des diverses myofibrilles [16].

L'étude histologique a une grande importance pour comprendre l'évolution et la qualité de la viande, car l'accumulation des propriétés de ces structures fines retentit sur les caractéristiques perceptibles par le consommateur. Pour l'histologiste la cellule musculaire est un syncytium cellulaire à nombreux noyaux où l'on distingue :

- Le sarcolemme qui est d'après la définition de Robertson une structure homogène d'environ 100 Å d'épaisseur, adjacent à un complexe « membrane de surface » comprenant une couche interne de 200 à 300 Å et une couche externe granuleuse et plus dense de 100 à 300 Å ; entourant le tout on a mis en évidence un réseau de fibres du tissu conjonctif. On ignore la composition chimique du sarcolemme qui ne semble pas être du collagène puisque la collagénase de *Clostridium welchii* ne l'attaque pas. Le rôle biologique du sarcolemme est complexe : il maintient la différence des concentrations ioniques avec une solution extra-cellulaire riche en Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> et une solution intra-cellulaire riche en K<sup>+</sup> ; il est peut-être responsable de la tension de la fibre mise au repos et il a été constaté que le sarcolemme vide pouvait s'allonger 2,2 fois plus que la fibre musculaire intacte [16].
- Le sarcoplasme est homogène ou finement grenu, imprégné d'un pigment le myochrome voisin de l'hémoglobine, ce qui donne au muscle une teinte rouge sombre plus ou moins intense suivant le muscle considéré. Ce sarcoplasme, qui a une grande affinité pour les colorants cytoplasmiques notamment l'acide picrique, comprend une couche superficielle et des travées entre les faisceaux de myofibrille et contient :
  - Des mitochondries ;
  - Des sarcosomes qui sont des corps sidérophiles qui ont peut-être la signification de chondriosomes ;
  - Des enclaves de 3 sortes : des granules protéiques disposées en files régulières dans le sarcoplasme interfibrillaire, des granules de glycogène au voisinage des sarcosomes et des liposomes ou gouttelettes de graisse.

**Porter et Palade (1957)** en utilisant le microscope électronique ont montré l'existence d'une structure cytoplasmique normale à laquelle ils ont donné le nom de réticulum endoplasmique

et dont **Moore** a décrit les changements. Le sarcoplasme sert à la nutrition des myofibrilles et à la conduction de l'influx nerveux son abondance est variable :

- Suivant les diverses fibres d'un même muscle : certaines fibres contiennent plus de sarcoplasme et dans ce cas les myofibrilles ne sont pas distribuées uniformément mais sont arrangées en groupes appelés champ de Cohnheim ;
  - Suivant les espèces, puisque **Trautmann et Fiebiger (1952)** ont montré qu'il est plus abondant chez les ruminants que chez le cheval et le porc ;
  - Suivant le travail que le muscle effectue, qui est en corrélation avec le rapport volume du sarcoplasme /volume des myofibrilles [16].
- Des myofibrilles qui sont de minces baguettes cylindriques du protoplasme différencié, parcourant toute la fibre d'une extrémité à l'autre, sans interruption et séparées les unes des autres par une mince couche de sarcoplasme.
- Une série de noyaux (quelques centaines à plusieurs millions) allongés en bâtonnets et placés à la périphérie dans une mince couche de sarcoplasme superficiel moins homogène que le sarcoplasme général.

#### **1.3.1.1.2 Les myofibrilles :**

Au sein du sarcoplasme lorsque celui-ci est abondant, les myofibrilles sont groupées parallèlement en faisceaux formant les colonnettes musculaires de **Leydig** qui en coupe transversale apparaissent comme des aires polygonales finement pointillées appelées **champs de Cohnheim**. Les myofibrilles sont très grêles puisque leur diamètre varie de 1 à 3  $\mu\text{m}$  et leurs propriétés expliquent la physiologie musculaire ; le groupement des myofibrilles en faisceaux donne à la fibre sa striation longitudinale tandis que la structure transversale est due à la structure hétérogène très particulière et au fait que les éléments de même nature de toutes les fibrilles d'une même fibre sont situés à des niveaux correspondants ce qui fait dire que la striation est concordante [16]

#### **1.3.1.1.3 Les protéines**

On distingue d'une part les protéines sarcoplasmiques (mitochondries, myoglobine, diastases) qui sont extraites par l'eau ou par des solutions salines à faible concentration, et d'autre part les protéines contractiles (myosine, actine) qui sont extraites par des solutions salines à plus forte concentration.

➤ **La myosine :**

La myosine est la principale protéine, constituant 38 % des protéines musculaires, c'est une grosse molécule dont le poids moléculaire est d'environ 850.000 Da, qui se présente sous une forme très allongée puisque la longueur égale 100 fois le diamètre. Ses principales propriétés sont : la forte charge électrique, un pH isoionique à 5,4, une forte affinité pour les cations bivalents  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ , une activité ATPasique. La structure chimique est encore inconnue et les chercheurs espèrent la connaître bientôt en scindant la molécule en unités plus petites :

- Par l'action de la trypsine on obtient 2 fractions plus petites,
- Par l'ultracentrifugation on obtient la méromyosine légère et la méromyosine lourde, cette dernière étant seule à posséder l'activité ATPasique ;
- Par l'action de l'urée, on obtient un grand nombre de petites molécules de poids moléculaires semblables mais de composition différente en amino-acides appelés tropomyosines ;
- Enfin dans le muscle on trouve une protéine de faible poids moléculaire, la protomyosine que certains chimistes pensent être la sous-unité de base de la myosine [16].

➤ **L'actine.**

C'est la deuxième protéine constituant 13% des protéines musculaires et qui se trouve dans un rapport de 1 à 3 avec la myosine ; c'est une grosse molécule ayant un pH isoionique de 4,7 et qui existe sous 2 formes :

- Un monomère ou actine globuleuse (G-actine) de poids moléculaire 70.000.
- Un polymère ou actine fibreuse (F-actine) dont le nombre d'unités constitutives varie avec les conditions ioniques.

La G-actine se polymérise en F-actine en présence de sels et d'une petite quantité d'ATP, et la polymérisation s'élève en présence de petites quantités de manganèse ; comme la F-actine isolée du muscle diffère des polymères formés in-vitro à partir de la G-actine ; il faut prendre des précautions pour comparer les mesures faites in-vitro et in-vivo [16].

L'actine est capable de réagir avec la méromyosine pour donner un complexe colloïdal l'actomyosine, dont la structure spatiale est sous l'influence de la quantité d'ATP contenue

dans le milieu, ce qui serait fondamental pour expliquer la contractilité. Il est possible d'extraire des muscles en contraction, l'actomyosine qui constitue alors 80 % des protéines fibrillaires ; ce complexe semble se former avec beaucoup de facilité lorsqu'il y a une quantité suffisante de sels calciques et il est possible qu'il représente l'élément contractile [16].

### **1.3.1.2 Tissu conjonctif :**

Le tissu conjonctif musculaire est abondant chez le bovin, contrairement à d'autres espèces (mouton, cheval, porc) qui en contiennent beaucoup moins ; ce tissu conjonctif musculaire joue un rôle très important dans la détermination des qualités organoleptiques de la viande notamment dans la tendreté. Les fonctions du tissu conjonctif sont multiples et très importantes : fonctions mécaniques en réunissant les divers tissus et en reliant les organes entre eux et à la paroi du corps, fonctions de protection en jouant le rôle d'un tissu d'emballage, fonction de nutrition car imbibé de liquide interstitiel, il contribue à la nutrition cellulaire. Le tissu conjonctif contient du collagène et de l'élastine en proportion variable, les 2 types extrêmes sont bien caractérisés par les travaux de **Gies [16]** :

#### **1.3.1.2.1 Structure :**

##### **A. Cellules :**

Elles peuvent être classées en cellules autochtones appartenant en propre au tissu conjonctif et en cellules allogènes venues du sang et pouvant éventuellement se fixer et se transformer en cellules autochtones. Les cellules autochtones possèdent des propriétés sécrétoires communes et appartiennent au système réticulo-endothélial qui est fondamental dans la physiologie de l'individu vivant mais semble très secondaire dans le problème de la viande [16].

##### **B. Matières interstitielles ou substance fondamentale :**

C'est un colloïde très visqueux renfermant des polysaccharides de poids moléculaire élevé qui peuvent être transformés par la hyaluronidase avec une grande augmentation de la perméabilité du tissu conjonctif [16].

### **C. Fibres de collagène :**

Épaisses de 1 à 12  $\mu\text{m}$ , ce sont des fibres striées longitudinalement non divisées et donnant l'aspect de paquet de cheveux qui s'entrecroisent ; leur longueur est inconnue mais probablement variable. Chaque fibre est composée d'un grand nombre de fibrilles ayant 0,3 à 0,5  $\mu\text{m}$  de diamètre et l'observation au microscope électronique révèle une structure avec des bandes (ou striations transversales) ayant une périodicité transversale de 640 Å. Le dosage chimique du collagène musculaire se fait par autoclavage pour convertir le collagène en gélatine suivi par la détermination de l'azote de l'hydrolysate : après extraction exhaustive par un acide ou une base diluée la portion insoluble est considérée comme de l'élastine. **Miller et Kastelic (1956)** ont mis en doute la valeur de cette méthode qui suppose que les traitements employés ne modifient pas les constituants des tissus, de plus il faut ajouter que les méthodes chimiques ne renseignent pas sur la proportion et la distribution des fibres et sur les propriétés physiques apportées par les modifications physiologiques [16].

### **D. Fibres d'élastine :**

De diamètre variable, très fines dans l'endomysium, très grosses dans le pérимыsium les fibres d'élastine sont branchues et s'anastomosent entre elles pour former un réseau lâche. Au microscope électronique, elles ne présentent pas de périodicité. **Lansing (1952)** employant de l'élastase a montré que chaque fibre d'élastine est composée de 4 fibrilles de 1  $\mu\text{m}$  de diamètre, entrelacées et enveloppées dans une substance très voisine chimiquement mais différant par l'orientation moléculaire ; d'autres chercheurs employant la ficine ont constaté une segmentation au hasard de la fibre. Les fibres d'élastine résistent à la cuisson, à l'attaque acide et à la digestion diastasique et avec l'âge elles peuvent fixer du fer et du cuivre en perdant leur élasticité et en durcissant beaucoup [16].

### **E. Fibres de réticuline :**

Par définition, ce sont des fibres branchues qui s'imprègnent sélectivement en noir par l'argent en solution alcaline (les fibres collagènes se colorent en jaune ou en brun). On trouve les fibres de réticuline lorsque le tissu conjonctif est adjacent aux autres tissus par exemple entre les fibres de collagène de l'endomysium et le sarcolemme auquel elles sont finement associées [16].

### **1.3.1.3. Le tissu graisseux :**

Le tissu gras peut être considéré comme une forme spécialisée du tissu conjonctif apparaissant tardivement dans le développement de l'organisme, lorsque les nutriments excèdent les besoins de l'organisme. Une cellule qui était préalablement indifférenciée commence à stocker des fines gouttelettes de graisse qui se rassemblent en un globule gras ; au fur et à mesure que celui-ci augmente, le cytoplasme contenant le noyau se réduit à une mince couche périphérique dans la cellule qui atteint 60 à 80 µm de diamètre. Chaque cellule est entourée par une membrane de fibres de réticuline et des groupes de cellules adipeuses pouvant apparaître dans n'importe quelle partie du tissu conjonctif. Les cellules graisseuses sont groupées par des cordons conjonctifs en lobules primaires, secondaires, tertiaires par un dispositif semblable à celui existant dans le tissu musculaire strié. Les localisations graisseuses sont facilement reconnaissables histologiquement d'une part par l'acide osmique (Os O<sub>4</sub>) oxydant énergétique qui au contact des graisses insaturées et des acides gras perd son oxygène et devient de l'osmium noir, et d'autre part par les colorants liposolubles. Les préparations histologiques ordinaires utilisant des solvants des graisses ne laissent subsister que l'anneau périphérique protoplasmique de la cellule graisseuse, aussi lorsqu'on veut conserver le contenu lipidique on doit procéder par la méthode des coupes congelées [16].

### **1.3.2 Composition :**

#### **1.3.2.1 Eau :**

Le muscle comprend 60 à 80 % d'eau si bien que le tissu musculaire constitue la principale réserve d'eau du corps ; l'eau de la cellule musculaire se présente sous des états différents qu'il est important de connaître, car ils réagissent différemment et expliquent notamment les phénomènes d'évolution de la viande :

- L'eau liée 10% se présente sous 2 formes :
  - Eau fixée très fortement à l'état monomoléculaire par des liaisons électro-statiques sur les groupements polaires des protéines (5%).
  - Eau liée par l'orientation moléculaire et qui est un peu moins solide comme liaison (5%).

- L'eau libre 70% se présente également sous 2 formes :
  - Eau condensée proche de l'eau monomoléculaire (5 %).
  - Eau capillaire (65 %) qui est l'eau labile à l'origine du suc musculaire [17].

La teneur en eau varie avec l'âge, le muscle envisagé et surtout la teneur en lipides qui est le principal facteur de variation ; pour un muscle déterminé la teneur en matière sèche délipidée est pratiquement constante. La teneur en eau du muscle et la liaison eau-protéine sont 2 caractéristiques fondamentales : plus la fibre musculaire contient d'eau solidement liée aux protéines, plus elle est gonflée, tendre et juteuse. **Grau et Hamm** ont étudié l'exsudation par la méthode des compresseurs en plexiglass : un morceau de viande standard comprimé laisse exsuder le suc qui imprègne un buvard, l'augmentation du poids du buvard ou la dimension de la tache sur le buvard renseigne sur la quantité et l'état de l'eau musculaire, car la pression exercée sur la viande peut être éliminée. **Grau et Hamm** ont ainsi tracé la courbe fondamentale du pourcentage d'eau restant dans le muscle après compression qu'ils ont baptisé WHC (Water Holding Capacity). Le pH est un facteur capital de la capacité de rétention d'eau et il a été montré que la viande d'animaux jeunes à un pH plus bas 5,3 au lieu de 5,8, ce qui explique chez les bovins très précoces une plus grande perte d'eau pendant la conservation d'où une justification de l'attitude réservée des bouchers vis-à-vis de ce type de production. Le point cryoscopique du suc musculaire de bovin renseigne sur la teneur en ions : pour la viande pantelante on trouve -0,81 °C et pour la viande ayant subi une maturation de 92 heures à la glacière on trouve -1,03 °C [17].

### 1.3.2.2 Matières azotés :

#### 1.3.2.2.1. Classification chimique :

Selon la nature chimique, on distingue :

**A.** Les protides qui contiennent 90% de l'azote total et comprennent en allant du simple au complexe :

- ✓ Les acides aminés, éléments constitutifs,
- ✓ Les dipeptides composés de 2 acides aminés telles la carnosine, la diméthylcarnosine (ansérine),
- ✓ Les polypeptides composés de plusieurs acides aminés,

- ✓ Les protéines composées de nombreux acides aminés formant des architectures compliquées et fragiles où les phénomènes d'orientation et de structure des chaînes sont de première importance. On y distingue les holoprotéines ne contenant que des acides aminés, les hétéroprotéines contenant des acides aminés et des autres composés chimiques et qui comprennent notamment les nucléoprotéines [17].

**B.** Les matières azotées non protidiques représentant 10% de l'azote total comprennent :

- ✓ L'urée,
- ✓ Les cyclouréides dérivant de la purine (xanthine, hypoxanthine, adénine, guanine) se forment dans les heures qui suivent l'abattage à partir de molécules plus complexes.
- ✓ Les guanidines substituées : méthylguanidine, créatine, créatinine.
- ✓ Les corps dérivés des acides aminés : taurine, carnitine, sarcosine [17].

#### **1.3.2.2.2 Classification physiologique des protéines :**

Dans les protéines, d'après le rôle et l'emplacement il est possible de distinguer :

##### **1.3.2.2.2.1 Les protéines plasmiques.**

**A)** Les protéines intra-cellulaires.

- ✓ Myosine                    67%
- ✓ Myogène                    10%
- ✓ Globuline X                22 %
- ✓ Myoprotéine                01%

**B)** Les protéines extra-cellulaires du tissu collagène interstitiel :

- ✓ Collagène,
- ✓ Elastine.

##### **1.3.2.2.2.2 Les protéines enzymatiques :**

Sont des hétéroprotéines extrêmement nombreuses, on commence seulement à connaître leurs mécanismes d'action et leurs rôles avant et après l'abattage.

#### **1.3.2.2.3 Les protéines accessoires :**

On cite parmi ces protéines accessoires telle la myoglobine [17].

#### **1.3.2.3 Les lipides :**

Les lipides se trouvent soit dans la fibre musculaire elle-même, soit dans le tissu conjonctif entre les faisceaux musculaires où ils forment le persillé et le marbré, ce sont surtout des glycérides et accessoirement un peu de lécithine.

Contrairement à ce qui se passe chez les monogastriques où la composition lipidique dépend du régime alimentaire, les lipides des bovins ont une composition presque constante ; le tableau N 01 donne le pourcentage des divers acides gras [17].

Tableau N°01 : pourcentage des acides gras des lipides des bovins [17]

Acide oléique	42%
Acide palmitique	29%
Acide stéarique	20%
Acide palmitoléique	2,0%
Acide linoléique	0,5%
Acide arachidonique	0,1%
Acide divers	6,3%

#### **1.3.2.4 Glucides :**

On retrouve dans le muscle environ 2 ‰ de glycogène, lequel constitue la réserve énergétique pour la contraction musculaire ; sa teneur baisse avec le jeûne et l'état de fatigue ; en petites quantités existent des dérivés phosphorés des glucides notamment l'ester hexose-monphosphorique. Seul le foie est un organe riche puisqu'il contient 60 g de glycogène par kg. Dans la viande et les organes on ne trouve ni cellulose ni indigestible glucidique [17].

#### **1.3.2.5 Matières minérales :**

Dans la viande il y a peu de différences suivant l'espèce et le morceau considéré et par kg de viande on trouve :

- ✓ 1500 à 2000 mg de phosphore dont les deux tiers sont sous une forme minérale. Les composés phosphorés organiques jouent un rôle très important dans la contraction musculaire et dans la maturation de la viande :
  - ATP = Adénine + Ribose + 3PO<sub>4</sub> H<sub>3</sub>
  - ADP = Adénine + Ribose + 2PO<sub>4</sub> H<sub>3</sub>
  - Phosphagène ou phosphocréatine.
- ✓ 100 mg de calcium.
- ✓ Sodium, potassium, manganèse, sous forme de phosphates minéraux et organiques.
- ✓ Chlore.
- ✓ 25 mg de fer.
- ✓ Des oligo-éléments : 25 mg de zinc, 5 mg d'aluminium, 1 mg de cuivre, 600 µg de manganèse, 40 µg d'iode [17].

#### **1.3.2.6 Vitamines :**

La teneur vitaminique varie avec de nombreux facteurs dont les 2 principaux sont :

- ✓ L'état d'engraissement. La viande maigre est riche en vitamines hydrosolubles et pauvre en vitamines liposolubles, la viande grasse présente les caractéristiques inverses.
- ✓ L'alimentation.

#### **1.3.2.7 Hormones :**

Parmi les hormones retrouvées dans les muscles, on retrouve :

- ✓ Des ostéogènes en très petite quantité dans la viande, en quantité appréciable dans les graisses : 10 mg d'équivalent d'estrone/kg ; ces dosages étant effectués sur des animaux n'ayant pas reçu d'implant d'œstrogène.
- ✓ Des corticostéroïdes qui font que la viande a une teneur représentant 10 % de celle des surrénales ce qui pour certains nutritionnistes pourrait expliquer la valeur fortifiante de la viande [17].

## 1.4. Qualités organoleptiques des viandes

Les propriétés organoleptiques ou sensorielles d'un aliment sont les caractéristiques que le consommateur peut percevoir directement grâce à ses sens. Elles sont classées selon trois modalités :

- ✓ Qualitative, qui est la caractéristique de ce qui est perçu (goût salé, etc.)
- ✓ Quantitative, qui représente l'intensité de la sensation (peu intense à intense) ;
- ✓ Hédonique, qui caractérise le plaisir ressenti par le consommateur.

Pour la viande de ruminant, les principales caractéristiques sensorielles sont la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur [38].

### 1.4.1 Tendreté

Parmi les qualités organoleptiques de la viande, couleur, flaveur, tendreté, jutosité, la tendreté joue un rôle important dans l'acceptabilité de la viande par le consommateur [37].

Elle représente la facilité avec laquelle la viande est coupée et broyée au cours de la mastication [20]. Elle représente souvent un critère de qualité, mais elle peut varier beaucoup d'un morceau à l'autre et dépend essentiellement :

- ✓ Du collagène du tissu conjonctif
- ✓ Des protéines myofibrillaires des fibres musculaires.

Dans la viande crue maturée, le collagène est l'agent principalement responsable de la dureté, tandis que dans la viande cuite, sous l'action de la chaleur, ce constituant est progressivement solubilisé, alors que la résistance des myofibrilles augmente rapidement [20].

L'origine des différences de tendreté observées se situe au niveau de la répartition des caractéristiques et de l'évolution du collagène et des myofibrilles et cela en fonction de deux types de facteurs qui influencent la tendreté :

- ✓ Facteurs intrinsèques liés à l'animal lui-même.

- ✓ Facteurs extrinsèques, liés à la technologie appliquée depuis l'abattage jusqu'à la cuisson, en passant par les conditions de conservation [20].

#### **1.4.1.1 Facteurs intrinsèques :**

Parmi les différents facteurs intrinsèques, on retrouve :

- ✓ La tendreté est fonction du pourcentage de tissu conjonctif et de la longueur des fibres musculaires [20].
- ✓ L'âge : le vieillissement du tissu conjonctif favorise les liaisons intramoléculaires du collagène [39].
- ✓ Le sexe : l'influence du sexe diffère en fonction du muscle, les muscles du faux filet du bélier sont significativement moins tendres que ceux des brebis.
- ✓ La place du morceau sur le muscle, la tendreté diminue à proximité du tendon.
- ✓ La tendreté est en fonction de l'orientation de la trame conjonctive, donc de la découpe du morceau [39].

#### **1.4.1.2 Facteurs extrinsèques**

- ✓ Conditions de conservation

L'utilisation du froid négatif pour limiter la multiplication microbienne inévitable doit se faire lorsque la rigidité cadavérique est établie, sinon la viande subit un « cryochoc » provoquant des contractions musculaires irréversibles, quelle que soit la maturation qui induit normalement un attendrissage musculaire, la viande restera dure [39].

- ✓ Cuisson

En règle générale, la cuisson a une action d'attendrissage sur le tissu conjonctif du fait de la transformation du collagène en gélatine ; par contre, la cuisson augmente la dureté des protéines myofibrillaires qui coagulent [37].

#### **1.4.2 Couleur**

La myoglobine chromoprotéine sarcoplasmique qui assure le transport de l'O<sub>2</sub> mitochondrie dans la cellule musculaire in vivo, est responsable de la couleur de la viande ; la couleur est liée principalement à :

- ✓ La qualité du pigment
- ✓ L'état chimique du pigment
- ✓ L'état physique des autres composants de la viande.
- ✓ L'état de fraîcheur de la coupe, la nature de l'atmosphère, la température de l'entreposage, les interactions avec les composés lipidiques sont les éléments qui conditionnent l'état chimique du pigment et donc la couleur de la viande [20].

### **1.4.3 Flaveur**

C'est l'ensemble des perceptions olfactives et gustatives liées à la consommation d'un aliment. Elle est donnée par plus de 650 composés chimiques, les composés non volatiles du goût de la viande et les composés volatiles de l'odeur.

La flaveur conditionne l'acceptabilité de l'aliment ; elle résulte de la teneur et de la nature des lipides du muscle ; elle dépend également de la race et du sexe de l'animal [20].

### **1.4.4 Jutosité**

La jutosité ou succulence d'une viande est une qualité organoleptique perçue au cours de la mastication ; elle est fonction du persillé ou marbré, c'est-à-dire de la présence de graisse interstitielle, visible également sur les découpes des muscles. Une viande dépourvue de persiller est moins succulente [37].

## **CHAPITRE 2 :**

### **Transformation du muscle en viande**

## 2.1 Les 5 étapes de la transformation du muscle en viande :

La transformation du muscle en viande passe par une succession d'étapes, ainsi, entre l'animal vivant et la viande achetée par le consommateur il y a 5 états différents :

- ✓ L'état vivant ;
- ✓ L'état pantelant ;
- ✓ L'état de rigor mortis ;
- ✓ L'état rassis ou mûr ;
- ✓ L'état postérieur à l'état rassis [18].

Il y a dans l'évolution du muscle 2 phénomènes très importants économiquement pour le devenir de la viande. En premier lieu, il y d'abord la rigidité cadavérique qui fait passer la viande de l'état pantelant à l'état rigide, et ensuite la maturation qui fait passer la viande de l'état rigide à l'état mûr. Ces phénomènes sont essentiellement chimiques avec intervention des systèmes enzymatiques d'où l'importance des enzymes et des facteurs agissant sur ceux-ci tels que la température, le pH, les ions, etc [18].

- Il y a transformation du glycogène en acide lactique et chaque fois qu'il y a disparition de 5% de glycogène cela produit une diminution du pH de 1 point ; lorsque le pH arrive à 5,4, la transformation s'arrête mais il reste encore 0,7 à 4 g de glycogène, ce qui prouve que la réaction cesse non pas par disparition du produit initial mais par blocage du mécanisme de transformation.
- Il y a diminution de l'ATP par action de l'ATPase suivant un mécanisme complexe qui reste encore très discuté.

Le pH est le meilleur moyen rapide de suivre l'évolution des transformations car il en est la conséquence immédiate mais il est aussi la cause de l'arrêt ou du départ d'autres réactions. La considération du pH est capitale et tient à son intervention dans :

- L'activité des enzymes : la phosphatase responsable de la rigidité cadavérique a une activité maximum pour un pH acide, les diastases protéolytiques de la maturation sont également très sensibles aux variations de pH [18].

- Les propriétés colloïdales des protéines notamment de la myosine dont le point isoélectrique est compris entre 5,3 et 5,5 ;
- Le développement microbien.

### **2.1.1 Etat vivant :**

Le muscle est composé de cellules hautement différenciées, le pH est voisin de 7 et on constate que plus la fibre musculaire contient d'eau solidement liée aux protéines plus elle est gonflée [18].

### **2.1.2 État pantelant (Delay period) :**

Immédiatement après l'abattage, la carcasse constitue ce qu'on appelle la viande chaude : les masses musculaires sont molles, relâchées, élastiques, dépressibles ; les fibres musculaires sont gonflées car l'eau est fortement liée aux protéines et si on presse une coupe de viande on n'obtient pas d'exsudat (**test de Grau**). La viande n'est pas utilisée à ce stade sauf à 2 exceptions près :

- ✓ Certains morceaux prélevés près de la « saignée » sont abandonnés aux ouvriers abatteurs qui parfois les vendent autour des abattoirs ; ces morceaux conviennent notamment au pot-au-feu.
- ✓ La viande pantelante broyée dans de l'eau en absorbe beaucoup d'où son emploi pour les fabrications de charcuterie (saucisses) devant retenir le maximum d'eau notamment celles fabriquées avec les pâtes à glace. Dans cette opération on peut aussi ajouter 3‰ d'un phosphate pour retarder l'apparition de la rigor mortis qui a lieu par disparition de l'ATP [18].

### **2.1.3 Etat de rigor mortis :**

#### **2.1.3.1 Les transformations :**

Les transformations sont nombreuses, complexes et imbriquées :

**A - Transformations physiques :** Les masses musculaires sont dures, raides inextensibles, contractées, comme tétanisées ;

**B - Transformations physiologiques :** Le muscle passe d'abord par un état d'hyperexcitabilité aussitôt après la mort ce qui se traduit par la contraction des peaussiers pendant l'habillage puis ensuite l'excitabilité disparaît, on a une masse inerte de tissu mort [18].

### **C- Transformations chimiques :**

- ✓ Il y a disparition du glycogène avec apparition d'acide lactique, ce qui provoque l'abaissement du pH qui passe de 7 à 5,4, d'où l'importance de la réserve de glycogène avec une forte réserve il y a production d'une quantité importante d'acide lactique d'où un pH bas : 5,4 tandis qu'avec une faible réserve, il y a production d'une quantité restreinte d'acide lactique d'où un pH élevé : 6,8 (ce qui est le cas des animaux surmenés par un long voyage, taureaux de corrida, une grande maladie, , un état chronique comme la production des sérums) [18].
- ✓ Il y a diminution de la quantité d'ATP.
- ✓ Il y a un dégagement insignifiant d'ammoniac.

**D- Transformations physico-chimiques :** Il y a diminution de la liaison eau protéines, d'où par pression de la coupe, l'obtention d'un exsudat important ; cette propriété de la viande rigide est utilisée en charcuterie pour les fabrications devant perdre rapidement leur eau tels que les saucissons secs. On a trouvé qu'il y avait une relation directe entre la liaison eau-protéines et le pH, mais l'abaissement du pH ne suffit pas à expliquer la diminution de liaison eau-protéines et c'est la variation de la quantité d'ATP qui donne l'explication la plus satisfaisante. L'ATP est hydratante, quand il disparaît au cours de la rigidité cadavérique, il y a diminution du pouvoir de rétention d'eau par la fibre musculaire et inversement, **Palmine** a montré qu'en ajoutant de l'ATP lorsque le muscle est au stade de la rigidité cadavérique on obtient une meilleure rétention d'eau [18].

**E- Transformations histochimiques :** On pense que les protéines de structure, la myosine et l'actine qui restaient séparées par la présence d'ATP à l'état pantelant, se réunissent en un complexe inextensible d'actomyosine à la suite de la disparition de l'ATP. Pour certains chercheurs il y a liaison entre les fibres parallèles par l'intermédiaire des ions  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  formant ainsi une grille.

**F- Transformations histologiques :** Alors qu'après l'abattage, les fibres musculaires sont gonflées, parallèles, droites ou légèrement ondulées, on constate qu'avec le temps les fibres se plissent en donnant l'image de la « planche à laver » avec des nœuds de contraction durs et résistants et des plis de rétraction passive et les deux striations sont moins apparentes. Les

phénomènes de contraction sont soit actifs, soit passifs, la source de ces derniers pouvant se trouver dans le tissu conjonctif [18].

**G- Transformations organoleptiques :** La tendreté diminue au point que la viande devient dure et coriace ; on dit que la saveur diminue légèrement mais cela est difficile à apprécier car on ne peut comparer des saveurs qu'à tendreté égale.

### **2.1.3.2 Mécanisme de la rigidité cadavérique.**

Autrefois on attribuait la rigidité cadavérique à l'abaissement du pH par transformation de glycogène en acide lactique. Cette théorie est maintenant abandonnée, car il y a rigidité même en l'absence de glycogène (chez les animaux surmenés ou les animaux expérimentaux auxquels on a injecté de l'insuline). La rigidité serait une forme particulière de la contraction musculaire caractérisée par sa lenteur, la quantité d'énergie nécessaire qui serait le tiers de la quantité exigée pour une contraction et par son irréversibilité ; il y aurait formation d'actomyosine ou plutôt glissement des molécules d'actine et de myosine les unes sur les autres (glissement identique à celui du télescope) avec moindre raccourcissement que dans la contraction car la quantité d'énergie disponible n'est pas assez forte. Dans le pré-rigor il y a diminution de l'ATP, et la rigidité apparaît lorsque le taux d'ATP est à 80 % de la normale ; le phénomène est irréversible parce qu'après disparition d'une certaine quantité d'ATP, il n'y a pas reconstitution à partir de la phospho-créatine. La diminution de l'ATP est le phénomène capital et **Ham** a pu dire « il y a une relation linéaire entre la disparition de l'ATP et l'apparition de la rigor mortis ; mais les chercheurs ne sont pas tous d'accord pour expliquer le délai de cette apparition [18].

### **2.1.3.3 Temps d'apparition de la rigidité cadavérique : délai de pré-rigor.**

La transformation de la viande pantelante en viande rigide se fait après un délai appelé « pré-rigor » qui varie avec :

- ✓ Des facteurs intrinsèques,
- L'espèce : Le délai est court chez les oiseaux, très long chez la grenouille avec tous les intermédiaires entre ces deux extrêmes, c'est ainsi qu'il est plus bref chez le cheval que chez le bœuf et le porc.
- L'âge : La transformation est plus rapide chez les animaux âgés ;

- La région de la carcasse : La rigidité commence par les muscles masticateurs puis s'étend dans l'ordre aux muscles du cou, du tronc, du membre antérieur, de l'abdomen, du membre postérieur sans qu'on possède actuellement une explication de ce phénomène [18].
- L'état de l'animal influe beaucoup et par exemple, la rigidité survient presque immédiatement sur les animaux fatigués et surmenés ou tués en pleine activité musculaire ;
- ✓ Des facteurs extrinsèques notamment la température : plus celle-ci est élevée, plus vite apparaît la rigidité [18].

#### 2.1.3.4 Durée du rigor-mortis.

Elle est comprise entre 10 et 48 h et varie avec plusieurs facteurs notamment la température plus celle-ci est élevée, plus la durée est courte ; et avec l'état de la viande, pour la viande exsudative elle passe inaperçue on dit que la viande ne caille pas », pour les viandes fiévreuses elle dure très peu de temps tandis que pour les viandes surmenées elle se prolonge anormalement [18]

#### 2.1.4 Etat rassis :

**2.1.4.1 Les transformations :** Ces transformations peuvent être d'ordre physique, chimique, physico-chimiques, histochimique, histologique et organoleptiques

- ✓ **Transformations physiques :** les masses musculaires deviennent molles, souples dépressibles et laissent exsuder du suc musculaire ; si le quartier postérieur est suspendu par la corde du jarret il y a affaissement de la masse musculaire du tendon de tranche qui finit par déborder le bord supérieur du quasi (os du bassin) c'est le signe d'une viande très rassise.
- ✓ **Transformations chimiques :** pour beaucoup d'auteurs, il y a peptonisation des protéines avec d'une part libération de combinaisons azotées solubles, groupements aminés, acides aminés, et d'autre part, augmentation du nombre des groupements SH en fonction du temps et du procédé de maturation (Mac Karthy et King, 1942). Mais l'importance de cette protéolyse est discutée puisque Moran et Smith (1929) trouvent qu'elle n'a de rôle qu'après un mois de conservation et que Bate et Smith (1948)

constatent qu'après 6 mois de conservation seulement, 6%, des protéines sont hydrolysées [18].

✓ **Transformations physico-chimiques** : Il y a hydratation des protéines par augmentation de la liaison eau protéines. **Grau et Hamm**. Ont montré que l'exsudation du suc musculaire dépend du pH et ils ont dressé en fonction du pH une courbe du pourcentage d'eau restant dans le muscle après compression, qu'ils appellent Water holding Capacity ou en français, capacité ou pouvoir de rétention d'eau (WHC = PRE) :

- A pH très acide, le WHC est assez élevé ;
- À pH =5,2 le WHC est minimum : cela correspond au pH isoélectrique des protéines qui entraîne le minimum de fixation d'eau ;
- À pH = 5,6-5,8 c'est la viande idéale ;
- À pH = 6,5-6,8 la viande n'exsude pas d'eau, c'est la viande surmenée [18].

✓ **Transformations histologiques** :

➤ Pour les fibres musculaires, il y a une grande variabilité de réponse des fibres :

- Au bout de 2 jours : Dans de petites zones, la disparition de la striation transversale et l'apparition de cassures ;
- Après 4 à 9 jours : L'agrandissement des zones touchées par ces 2 images histologiques et la disparition des nœuds et vagues du stade rigor mortis. La cause des cassures transversales n'est pas connue, 2 hypothèses ont été émises : le stress physique résultant de la contraction, ou l'action des enzymes d'autolyse [18].

A côté de ces 2 phénomènes difficiles à interpréter les chercheurs américains ont mis en évidence que le sarcolemme reste intact.

➤ Pour le tissu conjonctif, on admet classiquement que la maturation porte seulement sur les protéines musculaires qui avaient subi la rigor mortis et que le tissu conjonctif n'est pas modifié [18].

✓ **Transformations organoleptiques :**

- La tendreté augmente et redevient supérieure à celle de l'état pantelant.
- Il y a apparition d'arômes par apparition de produits de décomposition encore mal connus ;
- Le problème de la saveur est très complexe : classiquement on dit que la saveur augmente pour ensuite diminuer, mais il est difficile de comparer des saveurs alors que la tendreté varie et on peut aussi dire que la saveur se développe par suite de l'augmentation de tendreté [18].
- La couleur s'éclaircit.

En raison de l'évolution en sens inverse de la tendreté et de la saveur, la période d'utilisation optimum se situe autour du 15<sup>ème</sup> jour de conservation à 0<sup>0</sup> +4<sup>0</sup>C. C'est-à-dire avant qu'elle ait atteint son maximum de tendreté car en même temps que la perte de sapidité il y a augmentation du risque de développement microbien [18].

**2.1.4.2. Mécanisme de la maturation :**

La maturation représente l'ensemble des phénomènes naturels que subit la viande au cours de sa conservation après la disparition de la rigidité cadavérique et avant l'installation de la putréfaction ; elle fait passer la viande du stade de rigidité au stade rassis, et elle se traduit par un ensemble complexe de transformations. Il est reconnu que les microbes n'interviennent pas et qu'il s'agit de phénomènes purement chimiques dus aux enzymes protéolytiques existant naturellement dans le muscle. En réalité, 4 processus qui sont enchevêtrés peuvent co-exister :

- 1- Modification de l'équilibre ionique dans le milieu entourant les fibrilles.
- 2- Clivage de l'actomyosine en molécules plus petites.
- 3- Protéolyse des protéines intra-cellulaires de la fibre musculaire sans modification des tissus conjonctifs et gras. Classiquement cette autolyse serait provoquée par les nombreuses enzymes protéolytiques réunies sous le nom de cathepsines qui sont inhibées à pH 7 à 7,2 et ont leur maximum d'activité à pH 5,5 à 5,8 ; [19]
- 4- Augmentation de la liaison eau-protéines liée à des phénomènes d'osmose.

### **2.1.4.3 Vitesse de maturation :**

La vitesse de maturation est variable, c'est-à-dire que la viande est mûre après un temps plus ou moins long, qui dépend de plusieurs facteurs, notamment de la température puisqu'il s'agit d'un phénomène biochimique dont les enzymes sont responsables ; pour situer un ordre de grandeur la viande est mûre en 3 semaines à +2 °C, en une semaine à +6°C et en 2 jours à 15 °C. La maturation en chambre froide ordinaire dure donc 3 semaines en gardant à la viande les caractères d'une denrée fraîche ; ce délai est précieux car il permet de vendre comme denrée fraîche une carcasse abattue depuis 3 à 21 jours, et procure au boucher un volant de sécurité entre ses achats et ses ventes. Le boucher, après achat d'une carcasse la laisse mûrir pendant un temps variable suivant la température, mais bien souvent il la débite avant qu'elle ait atteint le stade optimum de maturation par suite de l'action de 3 éléments perturbateurs [19] :

- ✓ Les bactéries n'interviennent pas dans le phénomène théorique de la maturation mais ils agissent pratiquement dans la conservation de la viande et souvent limitent la durée de la maturation. Les bactéries souillant la surface de la carcasse prolifèrent (même au froid par suite de l'existence d'espèces psychrotrophes et psychrophiles) et donnent un enduit muqueux qui fait dire aux bouchers que « ça poisse » et produisent une odeur de relent.
- ✓ La déshydratation superficielle de la viande pendant l'entreposage provoque une perte de poids ;
- ✓ Le brunissement par transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine nécessite un parage superficiel entraînant une autre perte de poids.

On voit donc qu'il y a pratiquement de nombreuses limitations à l'obtention de la maturation idéale [19].

### **2.1.5. Etat postérieur à l'état rassis :**

Dans les conditions d'asepsie, la poursuite des phénomènes précédents aboutit à l'autolyse : les faisceaux musculaires se désagrègent et la viande se transforme en une pâte molle. Dans les conditions normales à la température ordinaire, il y a putréfaction dans un délai de 3 à 10 jours après l'abattage, ce délai étant variable suivant le niveau de la contamination microbienne et les conditions du milieu notamment la température, l'apparition de la putréfaction limite dans le temps l'état rassis [19].

## **2.2. Les diverses présentations de la viande suivant l'état de froid :**

D'une manière générale, le froid intervient sous ses 3 formes : réfrigération, congélation, et surgélation ; ce n'est que dans des cas particuliers qu'il y a soit absence de froid, soit froid sous une seule forme. L'absence de froid ou l'état frais (sensus stricto) ne peut exister que pour la viande consommée immédiatement après sa préparation (viande traditionnelle, viande hachée par le boucher détaillant). La congélation est nécessaire pour la viande hachée.

- ✓ La viande fraîche qui était la présentation la plus courante autrefois devient une exception dans les pays développés [20].
- ✓ La viande réfrigérée est maintenant de règle dans tous les pays développés et comme le froid à court terme ne modifie pas les propriétés organoleptiques, la viande réfrigérée doit être considérée comme un produit frais ;
- ✓ La viande congelée permet de garder la viande 6 à 12 mois, de la stocker et de la transporter sans risque de détérioration microbienne :
  - La viande congelée en carcasses, quartiers, morceaux de demi-gros pourrait être vendue comme viande traditionnelle si l'opération de décongélation était correctement conduite.
  - La viande transformée industriellement est pour une grande partie sous le régime de la congélation.
- ✓ La viande surgelée [20].

## **2.3. Conservation de la viande :**

La conservation des viandes dépend presque exclusivement de l'évolution des bactéries responsables des altérations qui rendent le produit impropre à la consommation [20].

La conservation permet de garder au maximum les différentes qualités de la viande. La conservation des viandes peut être faite par différents procédés :

- Par le froid : réfrigération, congélation et surgélation.
- Par la chaleur : cuisson, pasteurisation, tyndallisation et appertisation.
- Par déshydratation avec ou sans fumage : étuvage- fumage à 25-30°C, séchage à 10-12°C, boucanage (procédé le plus ancien), lyophilisation.

- Par le sel ou autre agent de salaison, auquel on incorpore ou non du nitrate de sodium ; saccharose ou autres glucides ; acides ascorbiques ou autres additifs autorisés.
- Par fermentation (lactique, notamment), quelque fois l'anhydride sulfureux ou certains antibiotiques.
- Par irradiation UV.

A moyen d'emballages spéciaux dans lesquelles on peut faire le vide ou conditionner sous gaz carbonique ou azote [20].

L'atmosphère que l'on respire comporte 80% d'azote et 20% d'oxygène. La viande peut être conservée à une température fraîche ou froide dans cette atmosphère non modifiée, sans protection particulière : c'est le cas de la viande sur os conservée dans la chambre froide du boucher ou de la tranche présentée sous film étirable, très représentée au niveau du détail. Mais l'oxygène de l'air ambiant oxyde les graisses, ce qui conduit au phénomène de rancissement. La dégradation microbiologique est relativement rapide : le développement des bactéries aérobies entraîne la putréfaction de la viande [20].

Une viande provenant d'un bovin abattu dans de bonnes conditions hygiéniques et maintenue à température froide peut se conserver en carcasse, jusqu'à environ trois semaines au maximum après l'abattage.

Lorsque la viande est vendue au détail dans du papier d'emballage ou sous film, elle se conserve trois à cinq jours, parfois plus dans de très bonnes conditions de froid et d'hygiène.

Le plus ancien (25 ans) mode de conditionnement est celui sous atmosphère modifiée avec oxygène (O<sub>2</sub>). La viande est conservée dans une ambiance composée pour l'essentiel d'oxygène (60/80%) auquel il a été ajouté du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qui ralentit la multiplication des microbes [20].

La durabilité de la viande ainsi conservée est très faiblement augmentée. Par contre, cette méthode permet de conserver plus longtemps une couleur rouge caractéristique de la viande.

Le sous vide est un mode de conservation où l'air ambiant a été éliminé, c'est-à-dire qu'aucun gaz n'est présent dans l'emballage. La durée de conservation des viandes ainsi présentées peut atteindre, selon les pratiques constatées pour une température comprise entre 0 °C et + 2 °C, quatre à six semaines au stade de gros et deux à trois semaines au détail.

Un mode de conditionnement sous atmosphère sans oxygène est apparu récemment. Il consiste à placer les viandes sous gaz carbonique ou sous azote, purs ou en mélange. Cette méthode de conservation est sans conteste la plus efficace pour allonger la durée de vie des produits réfrigérés. Elle permet d'avoir une durabilité jusqu'à quatre à six mois, mais la température de réfrigération doit être abaissée à - 1,5 °C [40].

Le premier facteur limitant les résultats obtenus sur les viandes conditionnées sous vide ou sous atmosphère modifiée est la qualité du conditionnement.

Ainsi, les qualités commerciales et microbiologiques des viandes sont bien supérieures lorsque le taux d'oxygène résiduel, dès le conditionnement, est proche de zéro et que l'emballage est parfaitement hermétique [20].

En ce qui concerne l'aspect des viandes (couleur, odeur), notamment pour les morceaux avec os, le conditionnement sous atmosphère modifiée donne de meilleurs résultats que le sous vide. Ceci s'explique notamment par les difficultés rencontrées pour réaliser un bon sous vide sur des morceaux avec os [40].

Sur le plan bactériologique, ce sont les morceaux sans os qui donnent les meilleurs résultats.

Les flores d'altération (*entérobactéries*, *pseudomonas*, *Brochotrix thermosphacta* et les *coliformes fécaux*, *Listeria monocytogènes*...) se développent peu et sont inhibées par le développement des lactobacilles lorsque les viandes sont conditionnées sous atmosphère modifiée sans oxygène. Ce ralentissement du développement bactérien provient non seulement de l'absence d'oxygène, mais aussi de l'effet bactériostatique du CO<sub>2</sub>.

Enfin, si les résultats microbiologiques des viandes conservées à - 1,5 °C sous atmosphère modifiée sont meilleurs que ceux des viandes conservées sous vide, cette différence est très atténuée à + 3 °C [20].

Les pertes de masse sont souvent supérieures lorsque les viandes sont conditionnées sous atmosphère modifiée ; elles sont plus importantes lorsque la viande est désossée. Il s'avère, par ailleurs, que ces pertes peuvent être corrélées avec l'augmentation de la durée de conservation des viandes.

Au plan organoleptique, les études menées ne révèlent pas de différence significative entre les deux modes de conditionnement.

Si globalement le conditionnement sous atmosphère modifiée est plus performant que sous vide, cet avantage doit être relativisé, car l'écart est surtout important pour les morceaux avec os, pour des durées de conservation longues et une température de stockage négative [20].

## **Chapitre 3 :**

# **Origines des altérations**

### **3.1. Microbiologie de la viande :**

#### **3.1.1 Généralités**

S'il est généralement admis que les muscles des animaux sont naturellement stériles, il paraît inévitable qu'ils soient contaminés lors de la transformation du muscle en viande. En effet, après l'abattage des animaux, dès les premières étapes de dépeçage et d'éviscération, les micro-organismes présents sur le cuir et dans le tractus digestif constituent la source principale de contamination de la surface des muscles, qui représentent un substrat de croissance très favorable pour les bactéries. Les différentes étapes ultérieures de découpe et de transformation qui ont lieu tout au long des procédés se révéleront autant d'étapes de contamination possibles par les micro-organismes présents dans l'environnement des ateliers. L'air, les surfaces de travail, les équipements et les manipulateurs constituent ainsi des sources importantes de contamination. Les règles d'hygiène en vigueur, basées notamment sur des approches HACCP (Hazard Analysis and critical control points) particulièrement strictes tant au niveau des élevages que des abattoirs, puis des ateliers de découpe, permettent de réduire le niveau de contamination initiale, mais ne peuvent l'éviter complètement [21].

Plusieurs études mettent en évidence la présence effective de certaines espèces bactériennes responsables de l'altération de la viande ou pathogènes pour l'homme dans l'environnement des ateliers et des abattoirs ou dans les carcasses. Ainsi, Broda et al. (2009) ont pu détecter la présence de différentes espèces de clostridies sur des carcasses de mouton et dans les chaînes de fabrication associées. Des résultats similaires ont été observés pour des viandes bovines, et des variations saisonnières du taux de présence de ces espèces ont été observées. Le portage sur le cuir des animaux d'espèces pathogènes telles que *Escherichia coli* O157 a également été rapporté [21].

Par ailleurs, une contamination croisée, par le contact entre animaux, a pu être mise en évidence pour des espèces telles que *E. coli* et *Pseudomonas fluorescens*. [21]. Il a de même été montré que certaines espèces comme les salmonelles pouvaient persister dans les environnements des abattoirs ou sur les carcasses, même après des étapes de nettoyage et de désinfection poussée. On peut donc comprendre que, malgré l'application des règles nécessaires d'hygiène, la viande sera contaminée par une grande variété d'espèces bactériennes à un taux initial relativement faible, la nature de la matrice viande et les conditions de sa conservation conditionnant ensuite le développement de cet écosystème microbien [21].

Parmi les espèces bactériennes susceptibles d'être présentes et de s'y développer, celles potentiellement pathogènes pour l'homme ainsi que les flores d'altération peuvent conduire à des défauts d'hygiène entraînant risque sanitaire ou pertes économiques. D'autres espèces, même en nombre élevé, n'auront pas d'impact sur la qualité de la viande, voire pourront exercer un rôle positif en influençant l'écosystème bactérien de la viande au détriment d'espèces indésirables [21].

Pour apprécier le niveau d'hygiène de la viande, il est important de considérer à la fois l'aspect qualitatif (type de bactéries présentes) et quantitatif (niveau de développement des espèces), en gardant à l'esprit qu'un défaut d'hygiène n'est pas toujours associé à un niveau élevé de population bactérienne [21].

### **3.1.2. Facteurs influençant la contamination de la viande :**

#### **✓ La température :**

Selon Charles et *al.* (2003), pour les températures comprises entre 0 et 65 °C (favorable aux microorganismes), le développement des microorganismes, surtout des bactéries, est assuré sur la viande. À +12 °C, le développement des microorganismes est arrêté (levures). Les levures et les champignons peuvent se développer jusqu'à moins de 10 °C mais pas à 10 °C ; les spores peuvent résister à la chaleur humide à 100 °C pendant 5h30 et à la chaleur sèche à 200°C pendant 2h30 [21].

#### **✓ L'eau :**

L'eau est un milieu favorable au développement de l'activité microbologique [21].

#### **✓ Le Potentiel d'hydrogène :**

Le pH influence positivement ou négativement la détérioration de la viande (action microbienne). Il est déterminé par la présence des acides organiques dans la viande.

#### **✓ L'oxygène :**

Les bactéries se développent à la surface de la viande dans les conditions naturelles. Parmi les bactéries qui se développent souvent, il s'agit de : *Achromobacter* - *Pseudomonas* (milieu aérobique, milieu sans emballage) [21].

Dans le cas où la viande est emballée avec facilité de diffusion de l'oxygène, les deux souches bactériennes sont présentes. En l'absence d'oxygène dans l'emballage, seule la souche *Pseudomonas* est éliminée. [21]

### **3.2. Flore de la viande :**

#### **3.2.1. Flore endogène ou flore originelle :**

La chair d'un animal sain vivant est pratiquement stérile [24].

Au cours de la transformation, la viande va être naturellement contaminée par des micro-organismes variés qui peuvent être de trois types : (1) des micro-organismes inoffensifs pour la santé des consommateurs et qui peuvent parfois être bénéfiques pour le produit, (2) des micro-organismes altérants et (3) des micro-organismes pathogènes. Pour cette dernière catégorie, leur présence dans les produits carnés est accidentelle et fait l'objet d'une réglementation. Il faut noter que des espèces considérées comme inoffensives peuvent dans certaines conditions, voir selon les souches, être altérants. Chez un animal malade, il peut y avoir contamination directe par le système lymphatique. La viande est donc susceptible de contenir des germes pathogènes de l'animal, et ces germes sont souvent pathogènes pour l'homme. La viande peut aussi se contaminer au moment de l'abattage à partir de la flore de l'intestin, de la peau ou des muqueuses de l'animal [25].

Plusieurs maladies microbiennes sont transmissibles par la viande. Les plus fréquentes sont les salmonelloses et les fièvres typhoïdes causées par *les Salmonella* ou la listériose causée par *Listeria monocytogenes* (les animaux peuvent être porteurs sains). D'autres sont très exceptionnelles, comme la brucellose provoquée par *Brucella*, le rouget provoqué par *Erysipelothrix rhusiopathiae*, la tuberculose provoquée par *Mycobacterium*, le charbon provoqué par *Bacillus anthracis* et la tularémie provoquée par *Pasteurella tularensis* [20].

#### **3.2.2. Flore exogène :**

##### **3.2.2.1. Flore de contamination due à l'abattage et à la première transformation :**

La contamination des viandes a pour origine l'animal, le manipulateur ou le matériel. La viande peut être souillée au cours des différentes étapes d'abattage, saignée, éviscération, habillage c'est-à-dire arrachage du cuir, échaudage pour les porcs, douchage, etc... Une contamination croisée entre secteurs propres et souillés (déchets, viscères) de l'atelier peut également survenir. La flore de contamination a pour origine soit la peau (*microcoques*, *Pseudomonas* dont *P. fluorescens*, *P. fragi*, *P. putida* et autres germes de la flore banale Gram- staphylocoques dont *S. aureus*, *lactobacilles*, *streptomycètes*, *Listeria*) soit le tube digestif (Coliformes dont *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *streptocoques fécaux*, éventuellement Entérobactéries pathogènes telles que *Salmonella* et *Shigella*). On retrouve dans cette flore des germes banaux et des germes néfastes du point de vue sanitaire. Dans le

cas des porcs, l'eau d'échaudage est un vecteur et un réservoir fréquent de contaminations [22].

### **3.2.2.2. Flores de contamination dues aux manipulations ultérieures**

La viande peut également être sujette aux contaminations au cours du stockage et des manipulations ultérieures par de nombreux microorganismes provenant de l'air, du sol, des manipulateurs, éventuellement de l'eau de lavage. Il est possible d'avoir des contaminations croisées entre pièces de viande. Il s'agit le plus souvent de *Pseudomonas* et autres germes Gram-, de bactéries sporulées comme *Bacillus* (dont *B. cereus*), *Clostridium* (dont *C. perfringens* et éventuellement *C. botulinum*), de coliformes et d'Entérobactéries pouvant être pathogènes (*E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*), de staphylocoques, de *Listeria*, de levures, de bactéries corynéformes (*Brochothrix thermosphacta* = *Microbacterium thermosphactum*), de spores de moisissures (*Cladosporium*, *Sporotrichum*, *Geo-trichum*, *Thamnidium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Monilia*, etc.). La contamination par les insectes peut être importante dans certaines conditions, lors de l'exposition à la vente par exemple [22].

### **3.3. Évolution de la flore et dégradation de la viande :**

La viande crue est soumise à l'action de ses propres enzymes et à celles des microorganismes. L'action des enzymes en général est souhaitable car elle engendre un attendrissement de la viande, ce processus est appelé mûrissement de la viande. L'action des enzymes a parfois par contre des conséquences néfastes du point de vue microbiologique, car elle favorise le développement des bactéries. L'invasion des tissus par les microorganismes dépend de plusieurs facteurs parmi lesquels : l'état de santé et de fatigue de l'animal, la charge microbienne de l'animal et en particulier de ses intestins, la méthode de mort et d'équarrissage et les conditions d'entreposage de la viande [22].

Les bactéries de contamination se développent en fonction des caractères physiques tels que les surfaces d'exposition à l'air, le découpage etc. ; et chimiques, comme le pH, la teneur en eau, etc, de la viande et aussi selon les conditions extérieures, comme l'aération ou la température. Les dégradations provoquées vont dépendre de ces différents facteurs. Du fait des conditions d'entreposage à basse température, ce sont les germes psychrotrophes et psychrophiles qui vont être les agents privilégiés de la détérioration des viandes, entraînant

surtout des altérations superficielles. A une température plus élevée, ce sont les putréfactions « profondes » qui sont favorisées [22].

### 3.3.1. Dégradations aérobies

Il s'agit de dégradations survenant essentiellement en surface.

#### ✓ Viscosité ou poissage

- **Poissage** : La présence d'un enduit poisseux en surface des produits est un défaut de qualité. Le poissage est un enduit muqueux, brun grisâtre qui apparaît sur la carcasse, dû à la flore aérobie, qui dépasse  $5 \times 10^7$  germes/cm<sup>2</sup>. Cette flore est, en général, non pathogène. Le temps d'apparition du poissage dépend de la contamination initiale (il est court si la charge microbienne initiale est élevée). Dans ce cas, il faut brosser à sec les carcasses, augmenter la ventilation et diminuer la température de la chambre froide pour arrêter la multiplication des bactéries en surface [22].

La composition chimique et la formation de ce poissage sont à ce jour peu connues, cependant, les bactéries du genre *Leuconostoc* (hétérofermentaires) sont particulièrement impliquées dans la production de cet enduit par conversion d'un polysaccharide tel que le saccharose en dextrane, polymère ramifié de dextrose [26]. D'autres bactéries, telles que *Weissella* (hétérofermentaires également) et *Pseudomonas*, sont aussi impliquées dans la formation de ce poissage à la surface des produits carnés [27].

#### ✓ Décoloration et verdissement

La cause microbienne à la décoloration de la viande au cours de la conservation est la production de peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) par les bactéries altérantes et notamment dans les produits conservés en présence d'oxygène.

L'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxyde le pigment myoglobine ce qui conduit à la formation de choleglobine et cause le verdissement de la viande [28]. Différentes études ont permis de mettre en évidence l'implication de *P. fluorescens* (Chan *et al.*, 1998) [29], *W. viridescens* (Diez *et al.*, 2009 ; Dušková *et al.*, 2013) [30], *L. mesenteroides* (Diez *et al.*, 2009) ou encore *L. gasicomitatum* (Johansson *et al.*, 2011) [31] dans le verdissement de la viande [22].

La décoloration résulte d'une oxydation sous l'action de lactobacilles, de *Leuconostoc*, de levures. Plusieurs études ont montré que le verdissement est dû à différentes bactéries lactiques dont :

- *Lactobacilli*, *Leuconostoc*, *Pediococci* et *Streptococci*,
- *Weissella viridens* et non *Enterococcus faecalis*

Ou d'autres souches dans le cas de viande cuite salée,

- *Aerococcus viridens* et *Carnobacterium viridens* dans le cas des viandes fraîches.

La vitesse et le développement du verdissement sont fonction du micro-organisme et de la composition du produit.

- ✓ **Relent** : il présente les mêmes signes observés dans le poissage, avec une odeur fade et piquante (acides gras volatils à odeurs désagréables), les masses musculaires deviennent flasques et a tendance à l'exsudation. Ce type d'altération est dû à la multiplication de la flore aérobie ou anaérobie facultative, non pathogène en général (*Brochothrix thermosphacta*, *Pseudomonas*). La viande n'est pas encore dangereuse, mais elle doit être consommée rapidement [22].

#### ✓ **Pigmentations**

Elles sont dues à des bactéries colorées ou à pigments diffusibles telles que *Photobacterium*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Serratia*, etc. ; à des levures (*Rhodotorula*, etc.) et à des moisissures (*Cladosporium herbarum*, *Sporotrichum carnis*, *Penicillium*, etc.).

#### ✓ **Modifications des caractères organoleptiques**

Elles interviennent par rancissement des graisses (*Pseudomonas*, levures, moisissures), libération de composés responsables de goûts et d'odeurs indésirables (bactéries lactiques agents de surissement, levures, *actinomycètes*). *Brochothrix thermosphacta* est une bactérie psychrophile qui est souvent impliquée, elle libère des acides gras volatils, à odeur désagréable [23].

#### ✓ **Moisissement**

Il est dû à *Thamnidium*, *Mucor*, *Rhizopus*, etc., moisissures parfois associées à des levures, et il est surtout rencontré en atmosphère sèche. Ces dégradations de surface ne s'étendent généralement pas vers l'intérieur sauf si la viande est atteinte physiquement (viande attendrie mécaniquement ou viande hachée). Elles sont le plus souvent lentes et limitées. Elles n'ont

généralement pas grande incidence du point de vue sanitaire, sauf si l'atteinte est très importante [23].

#### ✓ **Putréfaction**

La majorité des bactéries aérobies responsables de l'altération des viandes ne peuvent se développer qu'à la surface, et la dessiccation superficielle vont prolonger sa durée de conservation. Une putréfaction de surface peut être le fait de certaines espèces de *Pseudomonas* ainsi que d'*Entérobactéries* [32].

#### **3.3.2. Dégradations anaérobies :**

Elles se développent lorsque la viande a été hachée, désossée, découpée en profondeur, conditionnée sous film plastique et dans tous les cas où des conditions anaérobies sont présentes.

#### ✓ **Surissement**

Il est provoqué par des bactéries à métabolisme libérant des acides organiques (acide formique, acétique, lactique, butyrique, propionique, etc.) ou par des bactéries ayant une activité protéolytique non putréfiante. Les principaux agents sont des bactéries lactiques, des coliformes et autres Entérobactéries, des *Clostridium butyriques*, des *Bacillus aéro-anaérobies* (dont *B. cereus*), des *staphylocoques*, etc [23].

#### ✓ **Puanteur d'os**

C'est une altération qui résulte des phénomènes microbiens et d'autolyse par des enzymes tissulaires. La vitesse de refroidissement à cœur des carcasses varie en fonction de différents paramètres : Conformation de la carcasse, degrés d'engraissement etc. En moyenne, la température à cœur des muscles doit atteindre des valeurs de 6 à 7°C en 28 à 36 heures chez les bovins, et en 24 à 30 heures chez les ovins. Lorsque la température à cœur des carcasses n'est pas abaissée rapidement, cela provoque une multiplication rapide des bactéries anaérobies (*Bacillus et Clostridium*) en profondeur, ce qui a pour conséquence, l'apparition de mauvaises odeurs et d'une puanteur des os [32]. Cette putréfaction commence par une formation de gaz en l'absence de toute mauvaise odeur due à la présence d'un nombre élevé de *Clostridium perfringens* sous forme végétative (Supérieur à  $10^7$  bactéries/g) [33].

Elle est liée à la présence de *bacillus* et *clostridium* intervient dans les carcasses dont la réfrigération est trop lente. L'action microbienne couplée à des modifications enzymatiques

gènère des composés malodorants. La protéolyse libre des composés à odeur ammoniacale ou sulfhydrique ainsi que des amines de décarboxylation [33]

#### ✓ **Putréfaction**

Elle est provoquée par des bactéries protéolytiques qui libèrent des composés soufrés, de l'ammoniac, des amines, du scatol, de l'indole : il s'agit des *Clostridium* protéolytiques, putrides et sulfito-réducteurs (*C. sporogenes*, *C. perfringens*), de certaines espèces de *Proteus* et d'autres germes Gram- aéro-anaérobies et protéolytiques de la flore banale (fermentation putride) [22]

Du fait de la nature des bactéries responsables, des dégradations causées (substances libérées) et d'une éventuelle prolifération importante des germes, les détériorations anaérobies peuvent être néfastes au point de vue sanitaire et entraîner des troubles plus ou moins graves chez le consommateur (Entérobactéries pathogènes, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, staphylocoques, etc.) [22].

### **3.4 Principaux germes pathogènes de la viande :**

#### **3.4.1 *Clostridium botulinum***

Les souches de *C. botulinum* sont très hétérogènes d'après leurs caractères cultureux, biochimiques et génétiques, elles sont divisées en quatre groupes (I à IV). C'est une bactérie mésophile pouvant se multiplier significativement à 15 °C. Les spores ont une résistance de 20 mn à 110 °C. *C. botulinum* est un agent d'intoxination et d'intoxication alimentaires humaine ou animale. Les toxines botuliniques se divisent en 7 types (A à G) selon leurs propriétés immunologiques, chacune étant neutralisée par un sérum spécifique. La toxine botulique est le poison le plus puissant qui existe [34].

La toxine botulique A est la plus active. La dose létale chez un homme adulte est estimée de 100 ng à 1µg par voie orale. Le réservoir de *C. botulinum*, comme des autres *Clostridium* est l'environnement : sol, poussière, sédiments marins ou d'eau douce, eaux souillées, lisiers et occasionnellement le contenu digestif de l'homme et des animaux sains. L'homme ou l'animal s'infecte en ingérant l'aliment contaminé (notamment conserves et semi-conserves mal stérilisées, jambons crus secs, produits de boucherie et fourrages). La durée d'incubation est de 1 à 10 jours. La maladie se manifeste par des paralysies flasques (oculaires et cardio-respiratoires), des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhées ou constipations

dysphagie) et urinaires, un tarissement de toutes sécrétions (et surtout des sécrétions salivaires) [34].

### **3.4.2 *Clostridium perfringens* :**

*Clostridium perfringens* appartient au groupe II du genre *Clostridium* et à la famille des Bacillaceae. Cette espèce est thermophile, sa température optimale de croissance est comprise entre 40 et 45 °C, mais elle est toutefois capable de se développer à des températures comprises entre 15 °C et 50 °C. L'Aw doit être supérieure à 0,93 et le pH compris entre 5,5 et 8. Les spores thermosensibles de *C. perfringens* résistent 5 minutes à 100 °C et produisent l'entérotoxine qui est responsable des toxi-infections alimentaires. Le seuil en dessus duquel il y a intoxication est 10<sup>5</sup> ufc/g. Ce germe ubiquiste est un hôte normal du tube digestif des animaux et de l'homme. La viande peut être contaminée au moment de l'éviscération si du contenu de l'intestin entre en contact avec la carcasse. L'homme se contamine en ingérant des aliments, notamment des produits carnés, contenant des bactéries. Les denrées incriminées sont les préparations à base de viande et en général cuites, conservées à l'abri de l'air (masses importantes, immersion dans un liquide, emballage étanche), refroidies lentement puis réchauffées lentement, ce qui favorise la multiplication des bactéries et la production de toxines. Les symptômes apparaissent entre 6 et 24 h, généralement 10 à 12 h, après l'ingestion du repas contaminé. Ils se traduisent surtout par la diarrhée et de violents maux de ventre, parfois de nausées. Le plus souvent, cette affection guérit spontanément en 2-3 jours. Toutefois, des mortalités ont été observées chez des personnes âgées et des jeunes enfants. [34]

### **3.4.3 *Staphylococcus aureus* :**

*Staphylococcus aureus* est un germe de la famille des Micrococcaceae. Cette espèce fait partie des bactéries aéro-anaérobies facultatives, mais préférant le métabolisme aérobie. C'est un germe mésophile, capable de se multiplier entre 4 °C et 46 °C, de manière optimale à 37 °C, pour un pH allant de 5 à 9, avec un optimum de 7,2 à 7,6 et une Aw de 0,86 en aérobiose et 0,90 en anaérobiose. Au total, 70-80% des souches produisent des exotoxines, dont les entérotoxines staphylococciques A, B, C1, C2, C3, D, E et H, la toxine du choc toxique staphylococcique et les toxines exfoliatives A et B.

La toxinogènes à lieu pendant la phase exponentielle de croissance, pour une température comprise entre 10 °C et 45 °C, un pH compris entre 5 et 8. *Staphylococcus aureus* est un germe commensal de la flore cutanée des animaux et un agent possible de mammite chez les

femelles en lactation. Chez l'homme, il vit dans la cavité nasale, dans les glandes sébacées et sudoripares, dans les bulbes pileux. Le principal site pour les mains est le bout des ongles. La contamination des viandes est donc possible au moment du dépeçage, de l'ablation de la mamelle et surtout chaque fois qu'il y a un contact direct entre l'homme et la carcasse. Les troubles (nausées, vomissements, diarrhées) peuvent apparaître chez les consommateurs après ingestion d'un aliment contenant les toxines. La dose minimale à ingérer pour provoquer les premiers symptômes reste mal définie. L'entérotoxine staphylococcique étant très stable à la chaleur, la simple cuisson reste inefficace pour assurer la destruction de la toxine et assainir en toute sécurité un produit de viande contaminé. Il va falloir éviter la contamination ou s'opposer à la multiplication du germe et à la sécrétion de la toxine en ne traversant pas la zone dangereuse (20 °C-50 °C) ou en n'y résidant que fort peu de temps [34].

#### **3.4.4 Salmonella :**

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Elles sont mésophiles, capables de se développer à des températures comprises entre 5,2 °C et 47°C et de manière optimale entre 35 et 37 °C, à des pH compris entre 4,5 et 9 et une *A<sub>w</sub>* supérieure à 0,93. Au sein de la sous espèce *Salmonella enterica enterica*, il existe plus de 2400 sérotypes différents parmi lesquels certains sont potentiellement pathogènes pour l'homme. Il s'agit de sérotypes ubiquistes qui peuvent être hébergés dans le tube digestif de l'homme, des animaux domestiques et sauvages, des animaux de compagnie et plus particulièrement des volailles pour *S. enteritidis*. En ce qui concerne la viande bovine, *S. dublin* est également souvent incriminée. Cette dernière peut être hébergée dans le tube digestif des bovins et de l'homme [34].

Les toxi-infections à salmonelles dues aux viandes sont sérieuses tant par le nombre de malades que par la gravité des symptômes. L'ingestion de  $10^1$  à  $10^{11}$  cellules de *Salmonella* peut déclencher une infection se manifestant par une fièvre à 39 °C – 40 °C, des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements et un syndrome diarrhéique caractérisé par des selles liquides et fétides. Tous les sérotypes peuvent être impliqués ; *Salmonella* non typhoïdiennes provoquent des abcès dans différents tissus, voire une septicémie. Ces germes résistent au pH acide de l'estomac, entrent en compétition avec la flore normale de l'intestin grêle et franchissent la barrière épithéliale pour proliférer dans les plaques de Peyer et envahir les ganglions mésentériques [34].

### **3.4.5. *Escherichia coli* :**

Les germes *E. coli* sont normalement présents parmi la microflore digestive de l'homme et de nombreux animaux à sang chaud, comme par exemple les bovins. La plupart des *E. coli* sont sans danger pour l'homme et l'animal. Cependant certaines souches sont pathogènes pour l'homme, à l'exemple de *Escherichia coli* entéro-hémorragiques ou EHEC (*Enterohemorrhagic E. coli*), dont la plus connue est *E. coli* O157 : H7 et ayant un lien épidémiologique assez étroit avec le bœuf.

La principale maladie qu'elles provoquent chez l'homme est la colite hémorragique. Outre la colite hémorragique, les EHEC peuvent causer de la diarrhée, le syndrome hémolytique et urémique (SHU). Toute souche de *E. coli* possédant un gène *stx* est appelée *E. coli* producteur de Shiga toxine ou STEC (*shigatoxin-producing E. coli*) ou encore VTEC (*verotoxin-producing E. coli*). La prévalence du portage de STEC par les bovins varie en fonction des élevages. Les sources du danger sont les animaux porteurs, les sols contaminés (prairies, champs), les eaux superficielles contaminées par des déjections animales ou d'engrais de fermes, les aliments (herbes, fourrages) et l'eau d'abreuvement des animaux. Les infections sont le plus souvent causées par la consommation de viande de bœuf contaminée et insuffisamment cuite, mais peuvent également être dues à la consommation d'eau, de lait cru, de fruits, de légumes, à des baignades et à des contacts entre personnes. Le temps de réduction décimal est compris entre 0,5 à 3 mn à 60 °C, mais une augmentation de la thermorésistance est possible si la viande est fortement riche en matière grasse [34].

### **3.4.6 *Yersinia enterocolitica* :**

Le genre *Yersinia* comprend 11 espèces appartenant aux Enterobacteriaceae. Il comprend 4 espèces pathogènes bien caractérisées : *Yersinia pestis* responsable des pestes bubonique et pulmonaire, *Y. pseudotuberculosis* pathogène des rongeurs et occasionnellement de l'homme, *Y. enterocolitica*, un pathogène intestinal.

*Y. pseudotuberculosis* et *Y. enterocolitica* sont les 2 agents pathogènes d'origine alimentaire. Elles atteignent le tractus gastro-intestinal de l'homme et provoquent des entérites, entérocolites, lymphadénites. *Y. enterocolitica* est également présente dans l'intestin d'animaux sains tels que des porcs, des bovins, des chiens et des chats. Les sérotypes impliqués dans les pathologies humaines sont : sérotype O : 3 (en Europe), sérotypes O : 8, O : 5 et O : 27 (USA, Canada ou Japon). *Y. enterocolitica* est psychrotrophe, c'est-à-dire capable de se multiplier à des températures inférieures à 4 °C. Sa température optimale de

multiplication est cependant de 28-30 °C. *Y. enterocolitica* est présente chez plusieurs espèces d'animaux, dans les aliments et dans les eaux.

Les symptômes cliniques se manifestent classiquement chez l'adulte par une entérocolite avec la triade : Fièvre, crampes abdominales, diarrhée liquide aigüe. La dose minimale infectante est de l'ordre de 10<sup>6</sup> microorganismes. Les températures de pasteurisation détruisent les bactéries de Yersina entéro-pathogènes. Ainsi, les principaux couples temps/températures dans les lignes directrices de production pour la cuisson des viandes sont : pour la cuisson, viandes hachées de bœuf, veau, agneau, porc (15 secondes à 71 °C à cœur du produit), viandes hachées de volailles (15 secondes à 74 °C à cœur du produit), viandes coupées de bœuf, veau, agneau, jambon (15 secondes à 63 °C à cœur du produit) et pour le stockage des aliments (à cœur du produit : <5 °C pendant 7 jours ; <7.2 °C pendant 4 jours) [34].

### 3.4.7 Campylobacter

Le genre Campylobacter est constitué de fins bacilles, a un métabolisme de type respiratoire et est micro-aérophile. Certaines souches peuvent occasionnellement se multiplier dans des conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose. Ils sont incapables d'oxyder ou de fermenter les sucres. Toutes les espèces de Campylobacter se multiplient à 37 °C, mais les Campylobacter thermophiles (*C. jejuni*, *C. coli* et *C. lari*) ont une meilleure croissance à 42 °C et ne se multiplient pas à une température inférieure à 25 °C. Ces bacilles sont plus sensibles aux conditions défavorables.

Le réservoir est le tractus intestinal des animaux domestiques et sauvages, particulièrement les oiseaux (Butzler, 2004). La transmission a lieu généralement par la consommation d'aliments (viande de volaille insuffisamment cuite), d'eau, des contacts directs ou la manipulation d'animaux infectés (animaux de boucherie et de compagnie). Les mécanismes de virulence de Campylobacter ne sont pas encore bien connus. Ils auraient comme composantes des toxines, l'adhérence, la mobilité, la capacité de capter le fer et l'invasion bactérienne. La campylobactériose donne lieu à de la fièvre, de la diarrhée et de fortes douleurs abdominales. La guérison a généralement lieu sans traitement, après 2 à 6 jours. La dose infectieuse varie de 500 à 900 bactéries. Campylobacter est fréquemment présent dans le tractus intestinal des volailles, porcs et bovins, mais en raison des techniques d'abattage de cette espèce, la viande de volaille est la principale source de contamination de l'homme [34].

## **Chapitre 4 :**

### **Mécanisme des altérations**

## 4.1. Glycolyse

Il s'agit de la voie d'oxydation des hexoses (et plus particulièrement du glucose) qui est la plus largement répandue parmi les micro-organismes aussi bien procaryotes qu'eucaryotes. Elle mène au pyruvate qui est une plaque tournante du métabolisme (FigN°01) [35]. Le bilan est :

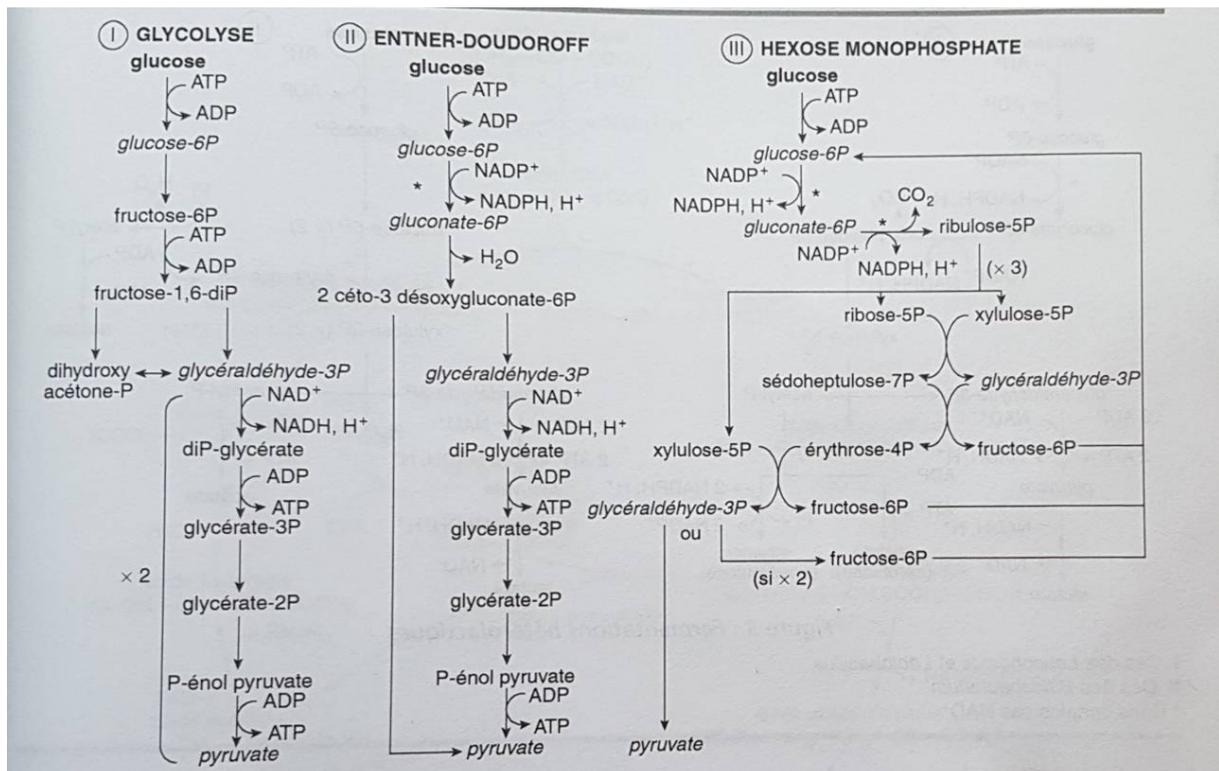
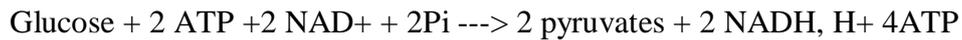


Figure N°01 : la glycolyse et ses alternatives [35]

### 4.1.1 Alternatives de la glycolyse :

Une grande variété de micro-organismes, aérobies ou anaérobies (bactéries, levures, moisissures) peuvent dégrader le glucose par d'autres voies caractérisées par le fait que le glucose est oxydé en acide phosphogluconique préalablement au clivage de la molécule. Comme la glycolyse, elles aboutissent dans un premier temps au pyruvate.

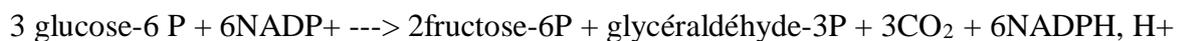
Ces voies sont empruntées soit de façon exclusive (voie HMP chez *Acetobacter xylinum*), soit simultanément avec la voie de la glycolyse (Fig.N°01). Les connections entre la glycolyse et la voie de l'hexose monophosphate sont nombreuses [35].

### - Voie d'Entner-Doudoroff

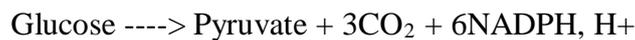
Elle possède des étapes communes avec la glycolyse. On la rencontre chez des micro-organismes aérobies (*Pseudomonas*), plus rarement anaérobies (*Zymomonas mobilis* utilise cette voie pour la fermentation anaérobie du glucose en éthanol).

Elle conduit au pyruvate qui est le point de départ d'autres voies.

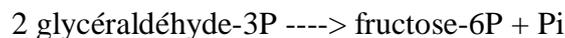
- **Voie de l'hexose monophosphate (HMP)** : Elle conduit au bilan suivant :



Le glycéraldéhyde-3P peut être transformé en pyruvate (bactéries aéroanaérobies, levures, moisissures). [35] Le bilan est alors [35] :



Le glycéraldéhyde-P peut être condensé en fructose-6P par la glycéraldéhyde-P-aldolase (bactéries aérobies) :



Le bilan est alors :



#### 4.1.2 Fermentation hétérolactique bactérienne

Les bactéries hétérolactiques (*Bifidobacterium*, *Leuconostoc*, certains *Lactobacillus*) possèdent le système glycéraldéhyde-P déshydrogénase, mais sont en général dépourvues des autres enzymes de la glycolyse et en particulier de fructose-6P kinase. Par contre, elles possèdent une phospho-cétolase (Fig.2). Les *Bifidobacterium* (*Lactobacillus bifidus*) ont une voie particulière qui reproduit principalement que l'acide lactique et acétique. Les autres donnent du lactate et un mélange d'autres produits : acétate, éthanol, CO<sub>2</sub> ; en conditions anaérobies, ce qui est fréquent, il n'y a pas production d'acide acétique. Parmi les *Lactobacillus* hétérofermentaires, certains sont dits « obligatoires » ; ils produisent 50 % d'acide lactique à partir du glucose (ils fermentent le gluconate et les pentoses) ; d'autres sont dits « facultatifs » : ils produisent 85% d'acide lactique (ils ne fermentent pas le gluconate et les pentoses) [35].

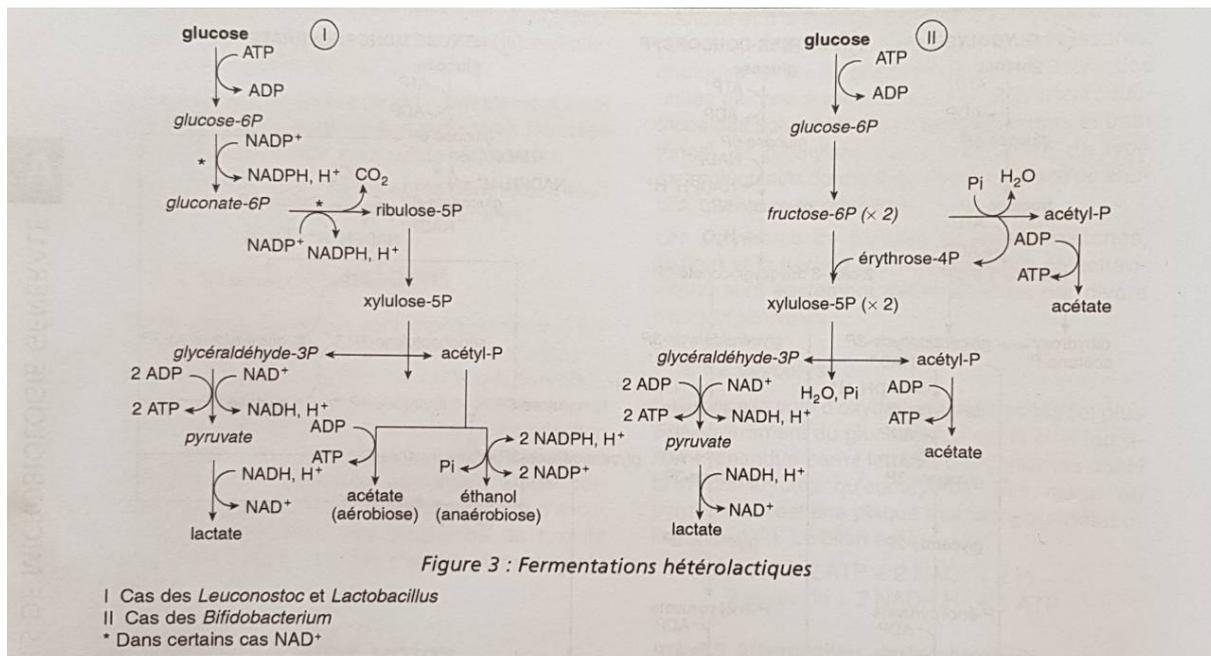
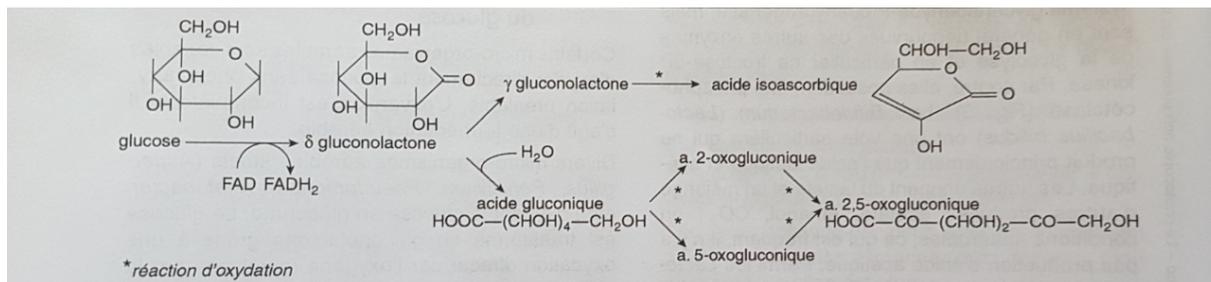


Figure N°02 : fermentation hétérolactique [35]

#### 4.1.3 Fermentations « oxydatives » du glucose :

Certains micro-organismes aérobies sont capables d'oxyder directement le glucose sans phosphorylation préalable. L'oxydation est incomplète et il s'agit d'une fermentation aérobie.

Divers micro-organismes aérobies stricts (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Pseudomonas*, *Acetobacter*, etc.) oxydent le glucose en gluconate. Le glucose est transformé en gluconolactone grâce à une oxydation directe par l'oxygène (catalysée par la glucoseoxydase, enzyme à FAD). La gluconolactone est ensuite hydratée en acide gluconique (Fig. N°03). Le produit de la fermentation est en fait constitué par un mélange d'acide gluconique et de lactones [35].



**Figure N°03 : Fermentation gluconique [35]**

#### 4.2. Protéolyse

Les protéines sont constituées d'acides aminés liés entre eux par des liaisons peptidiques. Leur dégradation nécessite la présence de protéases. Les acides aminés et certains peptides pénètrent dans la cellule. Les acides aminés libres ou provenant des peptides sont utilisés pour la synthèse protéique ou dégradés.

La plupart des protéases microbiennes sont spécifiques. Elles agissent aussi bien sur les protéines que sur les oligopeptides. Les espèces protéolytiques les plus connues sont les *Clostridium*, les *Bacillus*, les *Proteus*, les *Streptomyces*, les *Pseudomonas*. La formation des enzymes protéolytiques est souvent réprimée par l'adjonction au milieu d'un hydrolysate de protéines ou d'un mélange d'acides aminés. Il s'agit d'enzymes généralement exocellulaires. Les peptidases hydrolysent les polypeptides et les transforment en leurs sous-unités constitutives, les acides aminés [35].

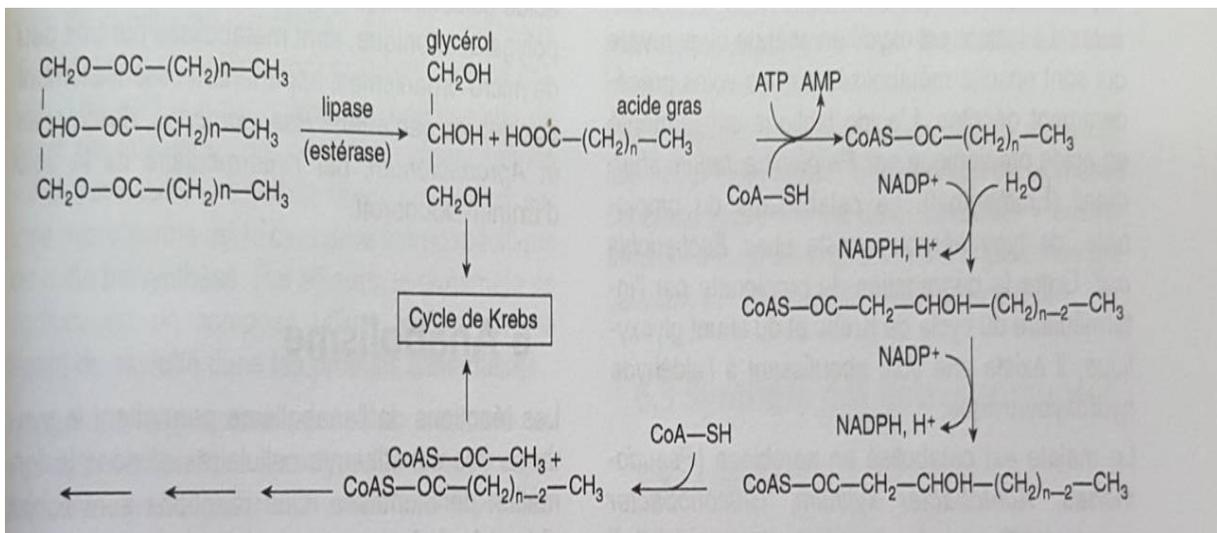
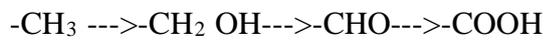
#### 4.3. Lipolyse :

Les triglycérides sont hydrolysés en glycérol et acides gras, grâce à des enzymes exo ou endocellulaires appelées lipases, que l'on rencontre chez les moisissures (*Rhizopus*, *Aspergillus*, *Geotrichum*), les levures (*Candida*) et les bactéries (*Serratia*, *Bacillus*, *Clostridium*, etc.). Le glycérol entre dans la voie de la glycolyse au niveau de la dihydroxyacétone-P. Les acides gras sont dégradés chez les micro-organismes aérobies et aéro-anaérobies (*Pseudomonas*, Entérobactéries, levures, moisissures, etc.) par Beta oxydation (Fig.4) [35].

Les réactions d'oxydation se poursuivent autant qu'il est nécessaire du fait de la longueur de la chaîne. L'acétyl-CoA formé peut être incorporé dans le cycle de Krebs et le shunt glyoxylique [35].

Beaucoup de *Pseudomonas*, d'autres groupes bactériens (*Micrococcus*, *Actinomycètes*), des levures et des moisissures sont capables d'utiliser comme seule source de carbone la quasi-totalité des hydrocarbures paraffiniques et aromatiques.

Les alcanes sont dégradés en passant par les voies du catabolisme des acides gras après intervention d'une monooxygénase, d'un alcool et d'un aldéhyde déshydrogénase [35].



**Figure N4 : catabolisme des triglycérides [35]**

## **Conclusion :**

Les viandes sont sujettes à putréfaction. La putréfaction résulte de la dégradation progressive du muscle par des bactéries et certaines levures qui s'attaquent aux protéines musculaires. Les composés issus du développement bactérien sont responsables de l'aspect et de l'odeur des viandes altérées. Les premières manifestations de ce phénomène sont discrètes : odeur dite de relent et modification de l'aspect de la viande qui devient poisseuse. Par la suite, lorsque le phénomène s'intensifie, des modifications plus importantes se développent : odeur putride, noircissement et ramollissement des produits en superficie. Ces phénomènes entraînent le retrait de ces produits de la consommation humaine c'est parce que les protéines que la viande possède sont dégradées et cela entraîne la formation des amines biogènes, composés toxiques.

Le manque de maîtrise de bonnes conditions hygiéniques, facteur déclenchant la prolifération des microorganismes de putréfaction, sont souvent à la base de l'apparition de ces composés dangereux. La chaleur, faute de froid, favorise les réactions chimiques amenant à l'apparition des amines biogènes ; c'est en quelque sorte "un accélérateur".

Différents procédés de conservation de la viande ont été mis au point, au fil de l'histoire, pour réduire ce développement microbien, à savoir : le froid (réfrigération, congélation), le chaud (séchage, cuisson), le salage, le sucrage, etc. L'agro-alimentaire a développé des techniques de prévention et de conservation bien élaborées qu'il faut mettre à profit afin d'éviter des altérations indésirables des denrées alimentaires susceptibles de provoquer des intoxications ou des toxi-infections.

## Les références :

- [1]. Ould el hadj M D., Bouzgap B., Bourase A., Moussaoui S., (1999), Etude comparative de quelque caractéristique physico-chimique et biochimique de la viande du dromadaire chez les individus de type Sahraoui à différente âge. Premières Journée sur la Recherche Cameline – Ouargla. P 19.
- [2]. Cottin, J.H., Bizon, C., Carbonelle, B. (1985), Study of *Listeria monocytogenes* in meat from 415 cattle. *Sci. Aliment*, 5: Series IV, p145-149.
- [3]. Cartier P., (2007), Le point sur La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins, Compte rendu final n° 17 05 32 022, Service Qualité des Viandes, Département Techniques d'Elevage et Qualité, p 12, 58,
- [4]. Hamad B., (2009), Contribution à l'étude de la contamination superficielle bactérienne et fongique des carcasses camelines au niveau de l'abattoir d'EL-OUED. Mémoire de Magister en médecine vétérinaire. P 29-30.
- [5]. Collin D., (1972), La viande de bovins .Livre I. Tome III Doin. P121
- [6]. Montel M C., (1984), Microbiologie des viandes en cours de conservation. Bultintech C. R. Z.N. Theix INRA p 57, 61,63.
- [7]. Maas Van Brekel B., Van Den Boogaard B., et Heijnen C., (2005), La conservation du poisson et de la viande. © Fondation Agromisa, Wageningen. P10.
- [8]. Drieux H., Ferrando R., Jacquot R., (1962), Caractéristiques alimentaires de la viande de boucherie. Vigot frères éditeurs, Paris VI. P9.
- [9]. Craplet C., (1966), La viande de bovins. Tome I. Ed Vignot frère, Paris p 7 486.
- [10]. Dumont R L., et Valin C., (1982), Bases biochimiques de l'hétérogénéité du tissu musculaire et des viandes. Ed INRA. Paris. P77.
- [11]. Fosse. J.A.S., (2003), Les dangers pour l'homme liés à la consommation des viandes. Evaluation de l'utilisation des moyens de maîtrise en abattoir. Thèse de l'Ecole nationale vétérinaire de NANTES. P24-46.
- [12]. Elramouz R., (2008), Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles. Contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH. P3-4.

- [13]. Staron T., (1982), Viande et alimentation humaine. Ed. Apria, Paris. P 110.
- [14]. Clinquart A., Fabry J., et Casteels M., (1999), Chapitre : La viande et les produits de viande dans notre alimentation. Edition du CNRS. P76.
- [15]. Wilson r.T., (1984), the camel. London. Longman Groupe Ltd. P 153-172.
- [16] Craplet C., (1966), La viande de bovins. Tome I. Ed Vignot frère, Paris P188-202
- [17] Craplet C., (1966), La viande de bovins. Tome I. Ed Vignot frère, Paris P 335-340
- [18] Craplet C., (1966), La viande de bovins. Tome I. Ed Vignot frère, Paris P 227-234
- [19] Craplet C., (1966), La viande de bovins. Tome I. Ed Vignot frère, Paris P 239
- [20] Houari Boumediene. A (2009) Enquête sur la situation de la filière viande rouge à El-Bayadh, mémoire de stage P34-36
- [21] Bouchard. D Picard,2010 Muscles et viandes Editions Quae P221
- [22] Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 144-149
- [23] Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27
- [24] Elmossalami, E. et Wassf, N. 1971. Penetration of some microorganism in meat, Zentral-Blattfur Veterinar. Med. 18 : 229-336.
- [25] Fougy L., 2016. Les impacts de la réduction de la teneur en sel sur la conservation et les écosystèmes bactériens des chipolatas. Thèse de doctorat, Alimentation et Nutrition. Université Paris-Saclay. IN Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27 IN
- [26] Korkeala H., Suortti T., and Mäkela P. 1988. “Ropy Slime Formation in Vacuum-Packed Cooked Meat Products Caused by Heterofermentative Lactobacilli and a Leuconostoc Species.” International Journal of Food Microbiology 7: 339–47. IN Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27
- [27] Dušková M., Kameník J., and Karpíšková R. 2013. “Weissella Viridescens in Meat Products – a Review.” Acta Veterinaria Brno 82 (3): 237–41. doi:10.2754/avb201382030237

In Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27

[28] Seideman S. C., Cross H. R., Smith G. C., and Durland P. R. 1984. “Factors Associated with Fresh Meat Color: A Review.” *Journal of Food Quality* 6 (3): 211–37 In Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27

[29] Chan Wendy K.M, Joo S-T., Faustman C., Sun Q., and Vieth R. 1998. “Effect of *Pseudomonas Fluorescens* on Beef Discoloration and Oxymyoglobin Oxidation In Vitro.” *Journal of Food Protection®* 6 (10) : 1265–1407 In Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27

[30] Dušková M., Kameník J., and Karpíšková R. 2013. “*Weissella Viridescens* in Meat Products – a Review.” *Acta Veterinaria Brno* 82 (3) : 237–41. Doi 10.2754/avb201382030237 In Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27

[31] Johansson P., Paulin L., Sade E., Salovuori N., Alatalo E. R., Bjorkroth K. J., and Auvinen P. 2011. “Genome Sequence of a Food Spoilage Lactic Acid Bacterium, *Leuconostoc Gasicomitatum* LMG 18811T, in Association with Specific Spoilage Reactions.” *Applied and Environmental Microbiology* 77 (13) : 4344–51. Doi :10.1128/AEM.00102-11 In Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, p 20-27

[32] FAO, 1994. Etude FAO, Production et santé animales, Abattage, découpe de la viande et traitement ultérieur

[33] Bensid A., 2018. Hygiène et inspection des viandes rouges, Ed Djelfa info, 204 p

Disponible à l’adresse suivante : [editions@djelfa.info](mailto:editions@djelfa.info)

<https://www.djelfa.info/editions>

[34] C.F.A. SALIFOU I, K.C. BOKO, G.S. AHOUNOU, P.U. TOUGAN, S.K. KASSA I. HOUAGA, S. FAROUGOU, G.A. MENSAH, A. CLINQUART (juin2013) Diversité de la microflore initiale de la viande et sécurité sanitaire des consommateurs

[35] Guiraud J.P, 2012 Microbiologie alimentaire, Collection Industrie Agroalimentaire, Ed Dunod, P20-27

- [36] CHOUGUIN (2015) ; Technologie et qualités des viandes ; P09
- [37] ROSSET R, 1982. Les méthodes de décontamination des viandes dans traitement divers dans l'hygiène et technologie e la viande fraîche. CNRS. Paris. Pp 193-197.p352.
- [38] 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 .pp227-228.p374
- [39] VIRLING E, 2003. Les viandes dans l'aliment et boissons. CRDP. France .pp58-78.p170.
- [40] CUQ J.L et GUIBRT S , 1992. Cuisson et conservation des aliments dans l'alimentation et nutrition humaine. CIV.SA .Paris .pp31-35.

Le résumé :

Le processus de transformation des animaux vivants en viande, entraîne inévitablement une contamination microbienne de surface des carcasses. La plupart des microorganismes transférés aux carcasses pendant le processus d'abattage sont des agents pathogènes. Au nombre de ceux-ci, on peut citer : *Campylobacter*, *Escherichia coli O 157 : H7*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinium*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella spp.* Ces agents pathogènes de la viande font l'actualité sur le plan de la sécurité alimentaire dans presque tous les pays du monde. Les risques associés à leur consommation sont cependant différents en raison des différences culturelles dans la consommation alimentaire et dans les habitudes des conditions de traitement.

Les mots clés : viande ; putréfaction ; microorganisme ; altération ; conservation

الملخص

تؤدي عملية تحويل الحيوانات الحية إلى لحم حتما إلى تلوث جرثومي لسطح الذبيحة. معظم الكائنات الحية الدقيقة المنقولة إلى جثث *Campylobacter* و *Escherichia coli O 157: H7* و *Listeria monocytogenes* و *Clostridium botulinium* و *Staphylococcus aureus* و *Clostridium perfringens* و *Salmonella spp.* هذه مسببات الأمراض اللحوم هي الموضوعية في سلامة الأغذية في كل بلد تقريبا في العالم. تختلف المخاطر المرتبطة باستهلاكها بسبب الاختلافات الثقافية في استهلاك الأغذية وفي عادات ظروف العلاج. الكلمات الرئيسية: اللحم. التعفن. الكائنات الحية الدقيقة. تغيير. استبقاء.

Abstract:

The process of transforming live animals into meat inevitably leads to microbial contamination of the carcass surface. Most of the microorganisms transferred to carcasses during the slaughter process are pathogens. Among these are: *Campylobacter*, *Escherichia coli O 157: H7*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium botulinium*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella spp.* These meat pathogens are topical in food safety in almost every country in the world. The risks associated with their consumption are however different due to cultural differences in food consumption and in the habits of treatment conditions.

The key words: meat; putrefaction; microorganism; alteration; retention