

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



Projet de Fin d'Etudes
En vue de l'obtention du diplôme de

Licence

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biochimie fondamentale et appliquée

Thème

**Synthèse bibliographique sur les facteurs
impliqués dans la tendreté de la viande**

Encadreur : *BENAISSA Atika: MA "B"*

Examineur : *SAYAH Zineb: MA "A"*

Présenté par :

ABAZ NAZIHA

RAHMANI SAADIA

Année Universitaire 2013/2014

دراسة نظرية للعوامل المتدخلة في طراوة اللحم

ملخص: تشغل اللحوم أهمية غذائية كبيرة بالنسبة للإنسان وذلك لغناها بالمكونات الحيوية. يجذب مستهلكو اللحوم إلى النوعية الحسية مثل الطراوة التي تتغير بتطور اللحم من الذبح إلى غاية الاستهلاك، هذه النوعية تتطلب وجود مجموعة من المكونات كأنواع الألياف العضلية، الخلايا الشحمية مابين العضلات وتوجه نشاطاتها الايضية . تتدخل مجموعة من العوامل بشكل واضح في طراوة اللحوم كالعوامل المرتبطة بالحيوان مثل (السلالات ،السن ،الجنس) والعوامل الخاضعة للإنسان(التغذية ،الطهي) بالإضافة إلى العوامل الفيزيو- كيميائية والبيولوجية مثل (درجة الحموضة ،درجة الحرارة ،مقدار الكولاجين في النسيج الضام) ، تتفاعل جميع هاته العوامل محددة لنا في الأخير، تنوع وتعدد طراوة اللحوم من حيوان إلى آخر.

الكلمات الدالة : اللحم , النوعية الحسية, الطراوة, العوامل , تنوع .

Synthèse bibliographique sur Les facteurs impliqués dans la tendreté de la viande.

Résumé : Grâce a sa richesse en composants biologiques, la viande a la capacité d'occuper une grande importance alimentaire chez l'être humain. Les consommateurs des viandes sont attirés par les qualités organoleptiques, comme la tendreté; qui ce modifie avec l'évolution de la viande depuis l'abattage jusqu'à la consommation. Ces qualités dépendent de la présence des différents composants dans le muscle tel que: les types des fibres, des adipocytes intramusculaires et de l'orientation de leur activité métabolique. Il ya des nombreux facteurs interviennent dans la tendreté de la viande tel que : des facteurs liés a l'animale (génotype, âge, sexe), des facteurs maitrisés par l'homme (alimentation, cuisson ...), aussi des facteurs physico-chimiques et biologiques (pH, température, collagène....). Tout ces facteurs interagissent entre eux pour déterminer la variabilité de la tendreté des viandes d'un animale à l'autre.

Mots clés: Viande, qualité organoleptiques, tendreté, facteurs, variabilité.

Literature review of the Factors intervene in the tenderness of the meat

Abstract: Because of its richness in biologic composition, the meat as got a great alimentary importance in human life. The consumers of meat are attracted by the organoleptic qualities, among them, the tenderness which changes with the evolution of meat from the slaughtering to the consumptions. These qualities require the presence of different components in the muscles such as: types of fibres, intramuscular adipocèle and the orientation of their metabolic activities. There are numerous factors intervene in the tenderness of the meat such as: factors related to the animal (genotype, age, sex), man-made factors (nutrition, temperature, cooking) and physico-chemical factors (PH, collagen, temperature....) All of these factors interact with each other to determine the tender variability of meats from an animal to another.

Key words: Meat, organoleptic qualities, tenderness, factors, variability.

REMERCIEMENTS

D'abord, et avant tout nous remercions Allah pour nous avoir aidé à effectuer ce travail, et pour tout ses donnes.

*Nous adressons une profonde reconnaissance à notre promotrice Madame **BENAISSA Atika : MA "B"**, pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses encouragements, et sa gentillesse.*

*Nous adressons une profonde reconnaissance à Madame **SAYAH Zineb : MA "A"**, pour avoir accepté d'examiner ce travail, et pour sa gentillesse.*

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les enseignants qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, nous remercions également tous ceux qui nous ont soutenus, encouragés et rendus service au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci





Dédicaces

Ce travail est dédié à :

***La famille Abaz**

À mes parents : Halima et Belkhir

À mes frères: Ammar, Abdelnasser, Abdelkader, Mohammed Taki Eldin, Radwan

À ma petite Soeur : Sana

À mes tantes et ma grand-mère et mes cousines

***la famille Rahmani**

À mes parents : Mohammed et Fatoom

À mes frères: Imad Edine et Sliman et Zaid

À mes soeurs: Zehour ; Zineb ; Safia et Sarah

À tous nos amis et nos collègues de la promotion de biochimie 2014.

Naziha et Saadia



TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux	I
Liste des figures	I
Liste des abreviations	II
Introduction	1

Chapitre I- Généralités sur la viande

I- Généralités sur la viande	3
I-1- Définition de la viande	3
I -2- Définition du muscle	3
I-2-1- Types des muscles	3
I-2-1-1-Muscles lisses	3
I-2-1-2- Muscles intermédiaires	3
I-2-1-3-Tissu musculaire strié	4
I-3-Caractéristiques des muscles	4
I-3-1-La structure anatomique et fonctions de muscle squelettique	4
I-3-2 -Composition chimique du muscle squelettique	5
I-3-2-1- Eau	6
I-3-2-2- Protéines	6
I-3-2-3- Lipides	7
I-4-2-4- Glucides	7
I-3-2-5- Matière minérale	7
I-3-2-6- Vitamines	7
I-4-Transformation du muscle en viande	7
I-4-1- Phase de pantelance	8
I-4-2- Rigidité cadavérique ou <i>rigor mortis</i>	8
I-4-3- Maturation	9

Chapitre II- Qualités de la viande

II- Qualités de la viande	10
II-1-Définition	10
II-2-Qualité nutritionnelle	10
II-3-Qualité hygiénique	10
II-4-Qualité de service ou d'usage	10
II-5-Qualités organoleptiques	10
II -5-1-Couleur	11
II-5 -1-1-Evaluation de la couleur	12
A- Méthodes physico-chimiques	12
B-Méthodes physiques	13
II-5-2-Flaveur	13
II-5-2-1-Composés responsables de la flaveur	13
A - Composés volatils	13

B- Composés non volatils.	13
II-5-2-2-Précurseurs de la flaveur.	13
A - Acides aminés	13
B-Ribose et le désoxyribose	14
C- Acides gras	14
II-5-3-Jutosité	14
II-5-4-Tendreté	15

Chapitre III - Evolution de la tendreté de la viande

III - Evolution de la tendreté de la viande	17
III-1-Tendreté	17
III-2-Importance de la tendreté pour le consommateur	17
III-3- Caractéristiques de la tendreté	17
III-3-1- Paramètres fondamentaux de la tendreté	18
III-3-1-1- Paramètres structuraux	18
A- Myofibrilles	18
B- Tissu conjonctif	18
C- Teneur en lipides	18
III-3-1-2- Paramètres enzymatiques	19
A- Systèmes protéasiques	19
III-4-Méthodes d'évaluation	19
III-4-1-Méthodes de terrains	19
III-4-2-Méthodes de laboratoire	20
III-5- Appareils utilisés dans l'évaluation de la tendreté	20
III-5-1- Appareils empiriques	21
III-5-2- Appareils imitatifs	21

Chapitre IV-Facteurs impliqués dans la tendreté

IV-Facteurs impliqués dans la tendreté	22
IV-1- Causes de variabilité de la tendreté	22
IV-1-1- Facteurs maîtrisés par l'Homme	22
IV-1-1-1-Température	22
IV-1-1-2-Accrochage des carcasses	23
IV-1-1-3-Cuisson	23
IV-1-1-4-Régime alimentaire	24
IV-1-2-Facteurs liés à l'animal	24
IV-1-2-1- Comportement des animaux	24
IV-1-2-2- Sexe des animaux	24
IV-1-2-3- Age de l'animale	25
IV-1-2-4- Variation inter et intra races et inter espèces	25
IV-1-3-Facteurs physico-chimiques et biologiques	26
IV-1-3-1-pH	26
IV-1-3-2-Pouvoir tampon	26
IV-1-3-3-Tissu conjonctif	26
IV-1-3-4-Variation intra et inter musculaires	27
IV-1-3-5- Type de fibres	27

V - Conclusion

28

VI -Références bibliographiques

29

Liste des figures

Figure n°	Titre	Page
1	Anatomie du muscle squelettique strié (niveau macroscopique et microscopique) (TOTORA <i>et al</i> , 1994).	5
2	Différentes phases de la transformation du muscle en viande (OUALI, 1991, OUALI <i>et al</i> 2006)	9
3	Cycle de la couleur de la viande fraîche (TOURAILLE, 1994).	12
4	Oxydation lipidique (LAMELOISE <i>et al</i> , 1984).	14
5	Test de Warner-Bratzler (WHEELER <i>et al.</i> , 1997).	21

Liste des tableaux

Tableau n°	Titre	Page
I	Composition chimique moyenne du muscle (LAWRIE, 1974)	6

Liste des abreviations

% : pourcentage

ADP: Adénosine Diphosphate

ATP: Adénosine Triphosphate

°C : degré celsius

cm : centimètre

CO : monoxyde de carbone

D.O : densité optique

h : heure

H⁺ : Proton

H₂S : composés soufrés

Kg: kilogramme

Mb: myoglobine réduite

MbO₂ : oxymyoglobine

MEC : matrice extracellulaire

MetMb : metmyoglobine

nm : nanomètre

NO: l'oxyde nitrique

pH : potentielle d'hydrogène

Pi: Phosphate inorganique

WB: Warner-Bratzler

µg/g : microgram/gram

INTRODUCTION

Introduction

La viande constitue une denrée de première nécessité dans le monde, suivant qu'elle est une source importante de nutriments et par la suite de son tonus émotif, elle est l'aliment par excellence dont la consommation est freinée seulement par les prix (**AMENI, 2007**).

La fidélisation du consommateur est largement fonction de sa tendreté. Cette tendreté qui est perçue par le consommateur comme la qualité organoleptique la plus importante (**DEBITON, 1994 ; OUALI et al., 1987 ; KOOHMARAIE, 1993**).

La tendreté a fait l'objet de nombreuses recherches qui ont été menées pour tenter de mieux comprendre et contrôler cette caractéristique sensorielle. Classiquement, la qualité de la viande est définie par différents critères qui sont, la couleur, la flaveur, la jutosité et la tendreté. La tendreté désigne aussi la facilité avec laquelle une viande se laisse mastiquer. Cette dernière constitue d'ailleurs un motif récurrent d'insatisfaction de la part des consommateurs. Plusieurs études ont montrés que la tendreté représentait le facteur essentiel de la perception sensorielle de la viande et donc de sa qualité (**NEELY et al., 1998 ; 1999 ; LORENZEN et al., 1999 ; SAVELL et al., 1999**).

Le principal problème qui se pose depuis longtemps est la variabilité de la tendreté en fonction des animaux qui est d'autant plus grande que les conditions de conservation des carcasses, après l'abattage sont différentes. De nombreuses études ont permis d'identifier les effets de l'espèce, de la race, du sexe, et de l'âge des animaux, cependant les variations individuelles sont très importantes.

PICARD et al., (2002), rapportent que chez les animaux producteurs de viande, l'étude des différents types de muscles à travers les fibres musculaires présente un intérêt fort puisque leurs propriétés sont impliquées dans le déterminisme de divers aspects de la qualité de la viande tel que la tendreté, la flaveur, la couleur et la rétention d'eau .

Selon **CLINQUART et al., (2000)** , il s'agit aussi de la proportion très élevée dans la carcasse de morceaux de viande à cuisson rapide, et donc tendres, et des caractéristiques nutritionnelles exceptionnelles de sa viande, la teneur très faible en gras et proportions d'acides gras polyinsaturés plus importante.

Ce critère de qualité sensorielle est complexe en raison de l'implication de nombreux mécanismes dans son déterminisme, et qui peuvent différer entre les différents muscles et les types d'animaux (**ZAMORA et al., 1996**).

La tendreté de la viande est un caractère dont la variabilité demeure importante, ce qui engendre une insatisfaction de la part des consommateurs. Une meilleure maîtrise de la tendreté est donc recherchée par les acteurs de la filière et il existe plusieurs exemples de facteurs affectant la tendreté de la viande. Certains de ces facteurs sont maîtrisables par l'Homme (la température, l'accrochage des carcasses, la cuisson, le régime alimentaire), d'autres sont liés à l'animal tel que, le comportement des animaux, leur sexe, et il existe des variations d'une race à une autre ainsi qu'à l'intérieur d'une même race ou encore d'un muscle à un autre d'une même carcasse et ce la en relation directe avec , le pH, le pouvoir tampon et le type de fibres **(XAVIER BLANCHET., 2009).**

L'objectif principal de ce travail est de réaliser une synthèse bibliographique sur le thème « **synthèse bibliographique sur Les facteurs impliqués dans la tendreté de la viande** ». Le développement de ce sujet a été rendu possible en faisant recours à différentes sources d'informations qui s'inscrivent dans la thématique du sujet de notre mini projet, que se soit écrites comme les ouvrages, les publications et les revues, ainsi que toutes autres sources d'informations comme l'internet.

CHAPITRE I

Généralités sur la viande

I- Généralités sur la viande

I-1- Définition de la viande

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 ...) et des oiseaux (poulet, dinde, pintade ...). Mais la qualité de la viande est fonction de l'âge, du sexe, et de la race de l'animal (**FOSSE, 2003 et EI RAMMOUZ, 2008**).

La viande est la chair des animaux utilisée pour l'alimentation humaine. Elle est essentiellement constituée par les muscles striés après leur évolution *post mortem*, qui se mangent après cuisson (**DRIEUX et al., 1962 ; CRAPLET, 1966 ; DUMONT et VALIN, 1982**).

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 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 (**STARON, 1982**).

I -2- Définition du muscle

Le muscle est une structure anatomique faite de cellules spécialisées regroupées en faisceaux. En physiologie, il s'agit de loges, capables de contractions et de décontractions et génératrices de mouvements (**DUMONT et al, 1982 ; ZEGHILET, 2009**).

I-2-1- Types des muscles

Il existe trois types de muscles

I-2-1-Muscles lisses

Les muscles lisses sont involontaires et automatiques. C'est à dire qu'ils échappent au contrôle de la volonté. Ils sont dits aussi parasympathiques, tel que les muscles des viscères (**ZEGHILET, 2009**).

I-2-2- Muscles intermédiaires

Les muscles intermédiaires ou striés sont automatiques, c'est le cas du muscle cardiaque (**ZEGHILET, 2009**).

I-2-3-Tissu musculaire strié

Selon **SERG, (2005)**, le terme tissu musculaire recouvre l'ensemble des cellules douées de propriété contractile et groupées au sein de structures organisées qui sont les muscles.

I-4-Caractéristiques des muscles

I-4-1-La structure anatomique et fonctions de muscle squelettique

Le muscle squelettique est un tissu très différencié et hautement spécialisé. Il représente 40 % du poids vif de l'animal et est constitué de différents tissus tels que les fibres musculaires, le tissu conjonctif, le tissu adipeux intramusculaire, les vaisseaux sanguins et les nerfs (**EI RAMMOUZ, 2005**).

Le muscle strié est formé d'un ensemble de cellules musculaires (fibres) juxtaposées parallèlement, organisées en faisceaux et entourées de tissu conjonctif vasculaire : l'épimysium d'où partent des travées conjonctives formant un tissu plus fin le périmysium. Il définit ainsi des faisceaux primaires de fibres musculaires. Le périmysium est le support du réseau vasculaire et entoure l'ensemble des éléments nerveux. Enfin Chaque fibre musculaire, élément de base du muscle, est elle même entourée d'une mince gaine de tissu conjonctif : l'endomysium, provenant du périmysium (**Figure 1**) (**HUXLEY, 1969**).

Le rôle premier du muscle squelettique strié est d'assurer les mouvements volontaires du corps, par contraction / décontraction de sa structure, entraînant le mouvement des os. Il permet ainsi la locomotion de l'organisme (**GUILLEMIN, 2010**).

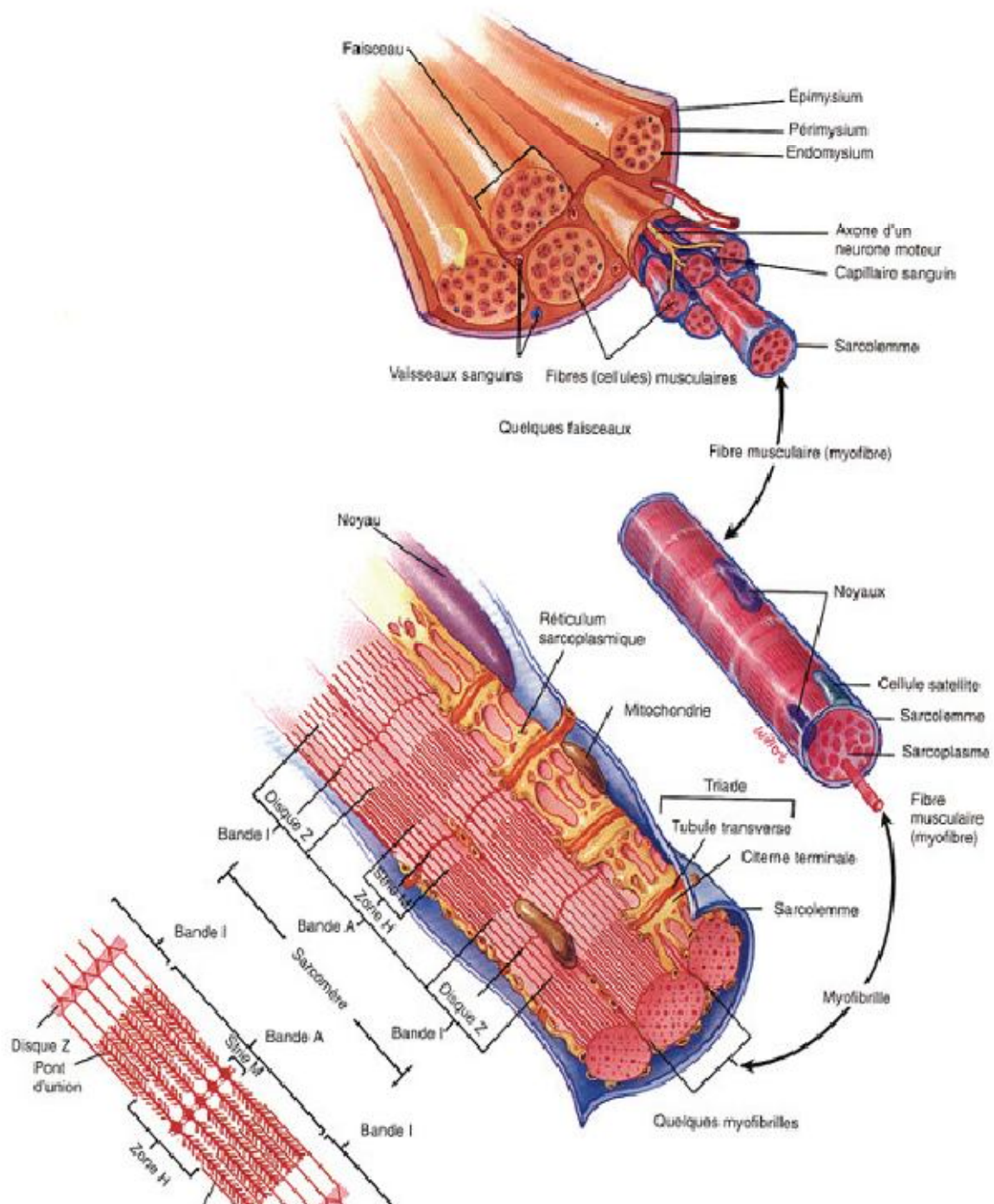


Figure 1 : Anatomie du muscle squelettique strié (niveau macroscopique et microscopique (TOTORA *et al.*, 1994) .

I-4-2 -Composition chimique du muscle squelettique

Les muscles sont à première vue des organes «élémentaires», producteurs de force et de mouvement, qui se caractérisent par leur pouvoir de contraction, et qui constituent, avec les os et les articulations, un véritable appareil locomoteur, capable d'exécuter un mouvement ou de maintenir le corps dans une position particulière. (El RAMMOUZ, 2005).

La composition chimique du muscle est très variable entre les animaux, chez un même animal et d'un muscle à l'autre. Toutefois, **LAWRIE (1974)** et **PEARSON et YOUNG (1989)** rapportent une composition chimique moyenne du muscle des mammifères (Tableau 1).

Tableau I : Composition chimique moyenne du muscle (LAWRIE, 1974)

Composés	%
1. Eau	75
2. Protéines	19
(a) Myofibrillaires	11.5
Myosine	5.5
Actine	2.5
Autres	3.5
(b) Sarcoplasmiques	5.5
Glycéraldéhyde phosphate déshydrogénase	1.2
Aldolase	0.6
Créatine kinase	0.5
Autres enzymes glycolytiques	2.2
Myoglobine	0.2
Hémoglobine et autres	0.6
3. Lipides	2.5
Triglycérides, phospholipides...	2.5
4. Hydrocarbures	1.2
Dont le glycogène	0.1
5. Sels minéraux (Substances non protéiques)	2.3
Magnésium	0.02
Potassium	0.35
Sodium	0.05
Calcium, zinc et traces	0.03

I-4-2-1- Eau

Bien que la majeure partie de l'eau soit intracellulaire, une bonne partie, d'eau et de sels minéraux (12 à 15 %) occupe les espaces extracellulaires. La composition de ce milieu est proche de celle du plasma dépourvu de ses protéines (**EI RAMMOUZ, 2005**).

I-4-2-2- Protéines

Les protéines de la viande sont riches en acides aminés indispensables, en particulier en acides aminés soufrés, surtout en lysine qui est l'acide aminé, qui ne peut pas être ni synthétisé ni remplacé (**LAURENT, 1974**).

Ces protéines se répartissent en trois catégories en fonction de leur solubilité, à savoir, les protéines sarcoplasmique (albumine, globuline, hémoglobine et myoglobine), les protéines myofibrillaires (actine, myosine, tropomyosine et actinine) et les protéines du cytosquelette et les collagènes ou protéines du stroma (**LAWRIE, 1998**).

I-4-2-3- Lipides

Les lipides intramusculaires: sont constitués de lipides de réserve (les triglycérides) et de lipides membranaires (les phospholipides). Les triglycérides sont à la fois présents à l'intérieur des fibres sous forme de gouttelettes lipidiques et à l'extérieur des fibres au niveau des cellules adipeuses (adipocytes) intermusculaires (EI RAMMOUZ, 2005).

I-4-2-4- Glucides

Le glycogène, représente une faible part de la composition du muscle. Ce polymère de glucose (forme complexe de stockage des sucres dans la cellule animale), intervient dans les phénomènes de transformation du muscle en viande (EI RAMMOUZ, 2005).

I-4-2-5- Matière minérale

Le potassium et le sodium, sont les sels minéraux les plus abondants qui se trouvent presque exclusivement à l'état libre ionisé. Le calcium et le magnésium sont sous forme de complexes organiques liés aux protéines et aux composés phosphorylés. Ces cations sont activateurs ou inhibiteurs de réactions enzymatiques importantes dans la contraction musculaire. Le phosphore sous forme de combinaisons organiques, joue un rôle déterminant dans le métabolisme énergétique musculaire (EI RAMMOUZ, 2005).

I-4-2-6- Vitamines

La viande est une excellente source de vitamines en particulier les vitamines B6 (pyridoxine), B3 (niacine) et B12 (ROCK, 2002 ; BAUCHART *et al*, 2008).

Les muscles glycolytiques tendent à être plus pauvres en vitamines B6 et B12 mais plus riches en vitamine B3 tandis que les muscles oxydatifs sont plus riches en vitamines B6 et B12 et plus pauvres en vitamine B3. Les vitamines liposolubles telles que les vitamines A et D ne se retrouvent en quantités significatives que dans quelques abats, notamment le foie (DEMEYER *et al*, 1999).

La viande constitue également une bonne source de vitamine E, antioxydant naturel qui permet de limiter l'oxydation des lipides et des pigments responsable de l'altération de la saveur et de la couleur de la viande au cours de sa conservation (CLINQUART *et al*, 2000).

I-5-Transformation du muscle en viande

Après l'abattage des animaux de boucherie, les muscles sont le siège de modifications, plus ou moins importantes qui contribuent à l'élaboration et à la définition des qualités organoleptiques de la viande, en particulier, la tendreté qui est un facteur limitant de l'acceptabilité de la viande par le consommateur. La transformation du muscle en viande fait appel à un ensemble de processus très

complexes, de nature à la fois enzymatique et physico-chimique, qui ne sont pas encore totalement compris (OUALI, 1990 a et b).

L'évolution de la viande se fait en trois phases (Figure 2) (OUALI, 1991)

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

I-5-1- Phase de pantelante

La phase de pantelante suit directement l'abattage. Malgré l'interruption du courant sanguin, on observe une succession de contractions et relaxations musculaires pendant une courte période de 20 à 30 minutes. Cet état correspond à la durée de survie du système nerveux ou le muscle dépense encore ses réserves en glycogène (MALTIN *et al.*, 2003).

L'accumulation d'acide lactique qui s'en suit provoque ainsi une baisse du pH qui passe, selon le muscle, de 7 à environ 5,5 (MALTIN *et al.*, 2003).

I-5-2- Rigidité cadavérique ou *rigor mortis*

L'état de rigidité est l'aboutissement de la phase d'installation de la rigidité cadavérique ou *rigor mortis*. Il intervient après l'épuisement des réserves énergétiques et l'acidification du tissu musculaire (OUALI, 1990).

Malgré la mort de l'animal, l'homéostasie cellulaire permet de conserver son équilibre de fonctionnement pendant un temps variable. Ainsi, le glycogène musculaire va fournir de l'ATP par la phosphorylation de l'ADP. La phosphocréatine permet également la synthèse de l'ATP ($\text{ADP} + (\text{phosphocréatine}) + \text{H}^+ \rightarrow \text{ATP} + \text{créatine}$). Tant, qu'elle est présente en quantité suffisante, le niveau d'ATP reste constant. Lorsque la phosphocréatine est épuisée, la glycolyse anaérobie prend le relais. Cette voie métabolique induit la production de lactate et son accumulation ($3\text{ADP} + 3\text{Pi} + 1\text{glucose} + \text{H}^+ \rightarrow 3\text{ATP} + 2\text{lactates}$) (JEACOCKE, 1984).

Chaque molécule d'acide lactique produite est associée à la libération d'un proton. La diminution de pH alors engendrée inactive les enzymes, conduisant alors à l'arrêt de la glycolyse et l'épuisement des réserves d'ATP du muscle. Cet épuisement définit l'étape de *rigor mortis* (JEACOCKE, 1984).

Cependant, comme cet épuisement n'a pas lieu simultanément dans toutes les fibres, l'état de *rigor* ne s'installe pas partout au même moment provoquant ainsi des contractions au sein du muscle (JEACOCKE, 1984).

La rigidité apparaît quant à elle progressivement. La rigidité cadavérique devient maximale lorsque le pH atteint une valeur voisine de 6,0 (JEACOCKE, 1984).

I-5-3- Maturation

La maturation est un processus multifactoriel très complexe affectant principalement la structure myofibrillaire et dépendant de plusieurs facteurs *ante* et *post mortem*. C'est un processus essentiellement enzymatiques (OUALI, 1992).

Après la rigidité, le muscle va être progressivement dégradé dans une suite de processus complexes au cours desquels s'élaborent en grande partie les divers facteurs qui conditionnent les qualités organoleptiques de la viande et en particulier la tendreté (OUALI, 1992).

La texture de la viande est définie par l'état et l'organisation du cytosquelette (protéines de structure du muscle, protéines myofibrillaires et collagène). Toutefois, le collagène, n'étant pas ou très peu affecté par la protéolyse, la teneur en collagène du muscle va définir une dureté de base qui limite la tendreté maximale de la viande crue (GUILLEMIN *et al.*, 2009).

Durant la maturation, l'attendrissage est due à des modifications des myofibrilles et du cytosquelette. Compte tenu de l'épuisement des réserves énergétiques du muscle dans les instants suivant la mort, il ne va plus subsister que des phénomènes hydrolytiques qui vont tendre à désorganiser progressivement les différentes structures du muscle, et ainsi a rendre la viande plus tendre. La disparition des réserves énergétiques du muscle et l'acidification du milieu placent les différentes fractions protéiques dans des conditions favorables à leur dénaturation (COIBION, 2008).

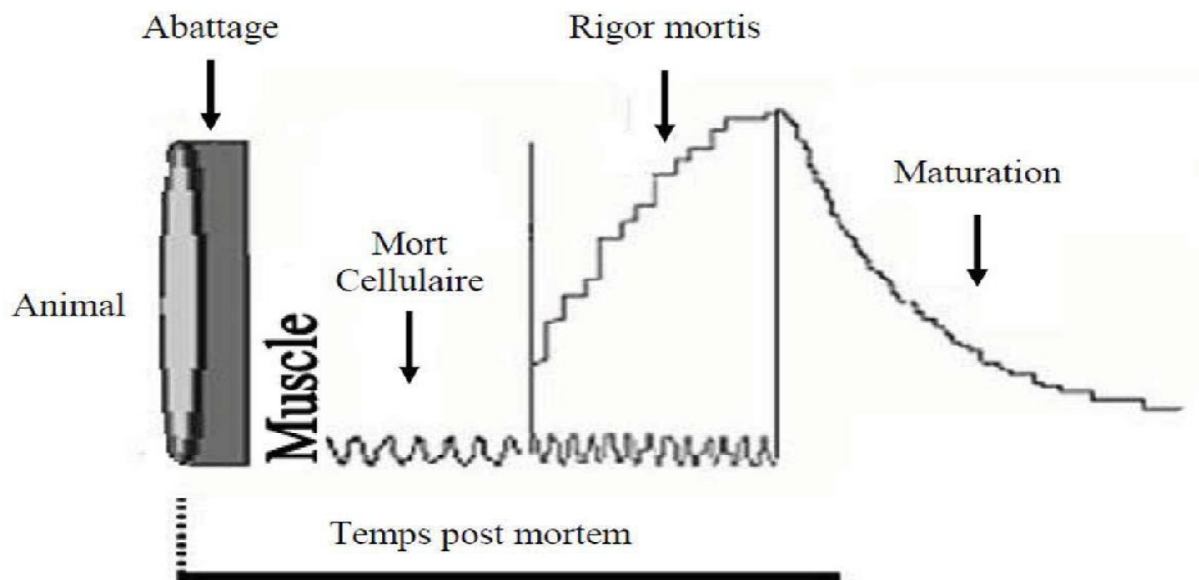


Figure 2: Différentes phases de la transformation du muscle en viande (OUALI, 1991, OUALI *et al* 2006)

CHAPITRE II

Qualités de la viande

II - Qualités de la viande

II-1-Définition

Selon l'International Standard Organisation, la qualité se définit comme « l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites »

Pour le consommateur, la qualité d'un aliment peut être définie à partir d'un certain nombre de caractéristiques organoleptique (COIBION, 2008).

II-2-Qualité nutritionnelle

C'est la capacité d'un aliment à couvrir les besoins nutritionnels (physiologiques) d'un homme; Cette caractéristique de base concernent les nutriments contenus dans l'aliment, tel que les protéines, les matières grasses, les fibres, les vitamines. (TOURAILLE, 1994).

II-3-Qualité hygiénique

Un critère important concerne également la sécurité Les aliments doivent être exempts (dispenses) de résidu agrochimiques, de métaux lourds, de micro-organismes pathogènes, et de tout autres substance dangereuse pour la santé (LAMELOISE *et al.*, 1984 ; COIBION,2008).

II-4-Qualité de service ou d'usage

Elle répond à la praticité en rapport avec un produit. Ainsi la facilité de préparation des aliments ou la durée de conservation représentent des critères essentiels aux yeux du consommateur. (TOURAILLE, 1994).

II-5-Qualités organoleptiques

Les caractéristiques organoleptiques des viandes regroupent les propriétés sensorielles à l'origine des sensations de plaisir associées à leur consommation. La qualité sensorielle de la viande est déterminée par sa couleur, sa flaveur, sa jutosité et sa tendreté (CLINQUART *et al.*, 2000 et HOCQUETTE *et al.*, 2005).

Chez les viandes rouges, ces caractéristiques varient selon le type génétique, l'âge (à ne considérer que pour des différences d'âge importantes et en absence de toute influence d'autres facteurs), le sexe des animaux, la conduite de la production (niveau énergétique et protéique de la ration, vitesse de croissance, utilisation du pâturage, apports en vitamine E). (CLINQUART *et al.*, 2000 et HOCQUETTE *et al.*, 2005).

Par ailleurs, les phénomènes biochimiques et structuraux qui se produisent au cours des 24 premières heures *post mortem* ont une très grande influence sur la qualité organoleptique ultérieure de la viande, en particulier sur la couleur et la tendreté (SAVELL *et al.*, 2005).

II -5-1-Couleur

La couleur de la viande est la première caractéristique qualitative perçue à l'achat. Le consommateur la considère comme un critère de fraîcheur du produit (CLINQUART *et al*, 2000 et COIBION, 2008).

Elle est la résultante de quatre composantes dont les deux premières expliquent la couleur du produit frais et les deux dernières, son évolution lors de sa conservation (NORMAND, 2005 ; CARTIER et MOEVI, 2007).

La composante structurelle de la couleur est liée à la structure physique du muscle et en particulier à son degré d'acidification (pH) qui modifient la luminosité du produit (rouge plus ou moins clair) (RENAND *et al.*, 2002).

La composante quantitative, c'est à dire la quantité de pigment rouge dans le muscle, qui détermine la saturation de la couleur (rouge vif ou terne, grisâtre). La myoglobine (transporteur de l'oxygène dans le muscle) est le principal pigment responsable de la couleur de la viande. Elle est une chromoprotéine constituée d'un groupement héminique contenant l'hème (atome de fer associé à la protoporphyrine) et d'une protéine, la globine. À une teneur en fer héminique plus élevée, est associée une viande moins claire avec une intensité du rouge plus élevée et une intensité du jaune plus faible. Au cours de la conservation, les composantes structurelle et quantitative évoluent peu (RENAND *et al.*, 2002).

La composante qualitative, relative à la forme chimique du pigment musculaire, qui évolue au cours du temps. La myoglobine réduite (Mb, Fe⁺⁺) correspond au pigment en profondeur du muscle ou à la surface de la viande lorsque celle-ci est conservée en l'absence d'oxygène, exposé à l'air, le pigment se combine à l'oxygène pour former l'oxymyoglobine (MbO₂, Fe⁺⁺) de couleur rouge vif, synonyme de fraîcheur et attractive pour le consommateur (Figure 3) (RENAND *et al.*, 2002).

La formation de MbO₂ est d'autant plus importante que la pression partielle en oxygène est élevée, ce qui explique que la couleur rouge vive apparaît en surface d'une viande conservée à l'air atmosphérique ou sous oxygène. La myoglobine réduite peut aussi se combiner avec d'autres ligands comme le monoxyde de carbone (CO) ou l'oxyde nitrique (NO) pour former la carboxy- ou la nitroso-myoglobine (SALIFOU *et al.*, 2013).

Avec le temps, le contact de la MbO₂ avec l'oxygène de l'air va conduire à la formation de myoglobine oxydée (Fe⁺⁺⁺) ou metmyoglobine (MetMb), de couleur brune indésirable et non attractive (MOHAMED *et al*, 2008).

Ce phénomène est plus important à une pression partielle en oxygène faible qu'à une pression partielle élevée ce qui explique que, lors de la conservation d'une viande

à l'air atmosphérique, la décoloration apparaît d'abord dans la couche sous-jacente à la surface. Rapidement après l'abattage, à l'air libre, et à basse température, la consommation d'oxygène par les mitochondries diminue, et au contact de l'air, la diffusion de l'oxygène atmosphérique augmente à la surface de la viande (MOHAMED *et al.*, 2008).

De ce fait, la couche d'oxymyoglobine (MbO₂) en surface s'épaissit et la viande devient plus rouge (*blooming* en anglais). Au cours de la conservation, la couche de metmyoglobine (MetMb) s'épaissit et se rapproche de la surface de la viande et la couleur passe du rouge au brun (MANCINI et HUNT, 2005).

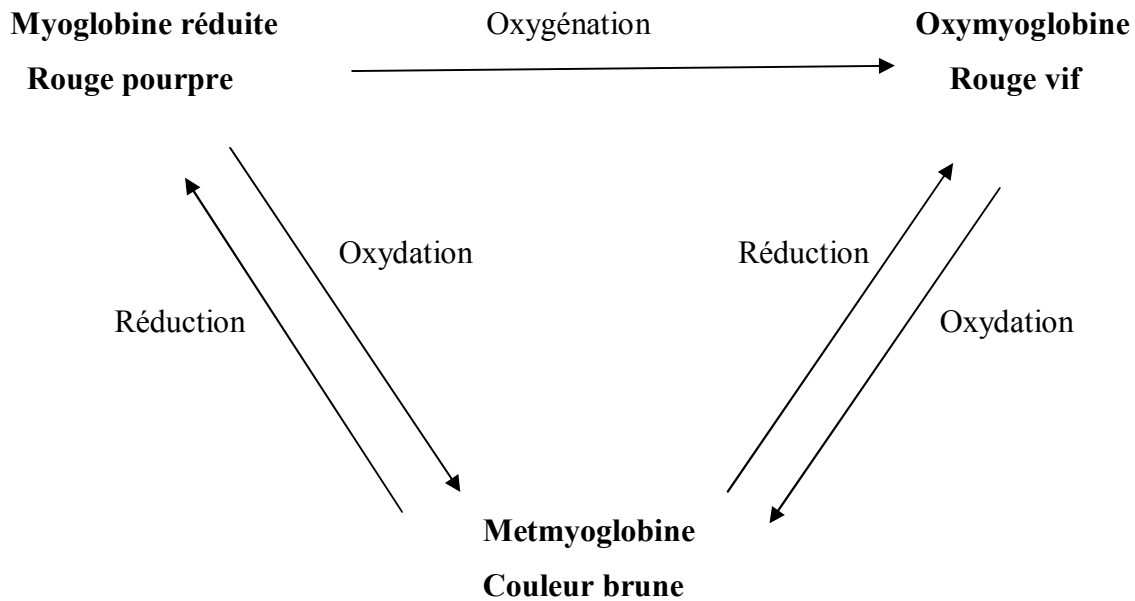


Figure 3: Cycle de la couleur de la viande fraîche (TOURAILLE, 1994).

La composante bactériologique, liée au développement de bactéries en surface de la viande et à de possibles interactions avec le pigment. La stabilité de la couleur dépend essentiellement de la vitesse de consommation d'oxygène par les mitochondries, de la vitesse d'auto oxydation de la myoglobine, en relation avec l'oxydation des lipides musculaires et de la réduction de la myoglobine oxydée par des systèmes enzymatiques ou non enzymatiques (RENERRE, 2000).

II-5 -1-1-Evaluation de la couleur

II-5 -1-1-1-Evaluation instrumentale

Parmi les méthodes instrumentales impliquées dans l'évaluation instrumentale de la couleur il existe :

A- Méthodes physico-chimiques. Ces méthodes tentent de rendre compte des caractéristiques musculaires plus ou moins directement liées à la couleur. Il s'agit principalement de dosages de composés musculaires tels que:

- le fer héminique, approche quantitative de la quantité de myoglobine musculaire
- les différentes formes de la myoglobine dans le muscle (états oxygéné, oxydé et réduit)

- l'hémoglobine sanguine et l'hématocrite, la méthode utilisée consiste à séparer la partie héminique de la globine et à apprécier la quantité d'hématie formée par mesure de la D.O (densité optique) à la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption (513nm).

-la mesure du pH et ses variations, le dosage du glycogène musculaire ou les différents types de fibres ou encore le gras intra musculaire (**DENOYELLE, 2001**).

B-Méthodes physiques, Ces méthodes permettent d'évaluer les caractéristiques de réflexion et/ou d'absorption de la lumière par la viande. En abattoir, la couleur de la viande est appréciée à l'aide d'un réflectomètre qui prend en compte à la fois la luminosité et la composante rouge de la couleur. Au laboratoire, la surface sur laquelle s'effectue la mesure doit être au besoin rafraîchie et exposée à l'air au minimum une heure à 3°C de façon à oxygéner le pigment.

Avec un colorimètre, il est possible d'identifier toutes les couleurs dans un espace tridimensionnel à l'aide des coordonnées trichromatiques X, Y, Z (**MOËVI, 2006**).

II-5-2-Flaveur

La flaveur de la viande correspond à « l'ensemble des impressions olfactives et gustatives » que l'on éprouve au moment de la dégustation (**LAMELOISE et al., 1984**).

Les différents composés chimiques responsables de la flaveur de la viande sont libérés principalement au moment de la cuisson (**LAMELOISE et al., 1984**).

II-5-2-1-Composés responsables de la flaveur

Les composés responsables de la flaveur de la viande sont classés en deux catégories :

a- Composés volatils, responsables de l'arôme ou odeur. Certains ont un rôle primordial savoir les composés carbonylés et lactones, les composés hétérocycliques (furanne, pyrazines et pyridines) et les composés soufrés (H₂S). (**LAMELOISE et al., 1984**).

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

b- Composés non volatils, responsables du goût comprennent des nucléotides, des nucléosides, certains acides aminés, des amines et la créatinine (**LAMELOISE et al., 1984**).

II-5-2-2-Précurseurs de la flaveur

Ces précurseurs sont pour la plupart élaborés au cours de la maturation de la viande. Ils se transforment par diverses réactions en substances intervenant dans la flaveur. Ces composés sont des acides aminés, des sucres, des nucléotides et nucléosides et des acides gras (**LAMELOISE et al., 1984**).

A- Acides aminés : Sous l'effet du chauffage, il y a formation de composés soufrés, des aldéhydes, des pyroles et des pyrazines (réaction de Maillard). Cette réaction intervient lors du chauffage d'un sucre (aldéhydrique ou cétonique) avec un acide aminé conduisant à la formation de substances responsables de l'arôme (composés carbonylés, furannes, furfural) (LAMELOISE *et al.*, 1984).

B-Ribose et le désoxyribose participent à la réaction de Maillard. Leur dégradation thermique conduit à des dérivés furanniques et aromatiques, des composés carbonylés et des alcools. (LAMELOISE *et al.*, 1984).

C- Acides gras, par l'oxydation lipidique, issus de l'hydrolyse enzymatique des lipides, sous l'effet de la lumière, de la chaleur ou d'autres catalyseurs, s'oxydent pour former des composés carbonylés (Figure 4) (LAMELOISE *et al.*, 1984).

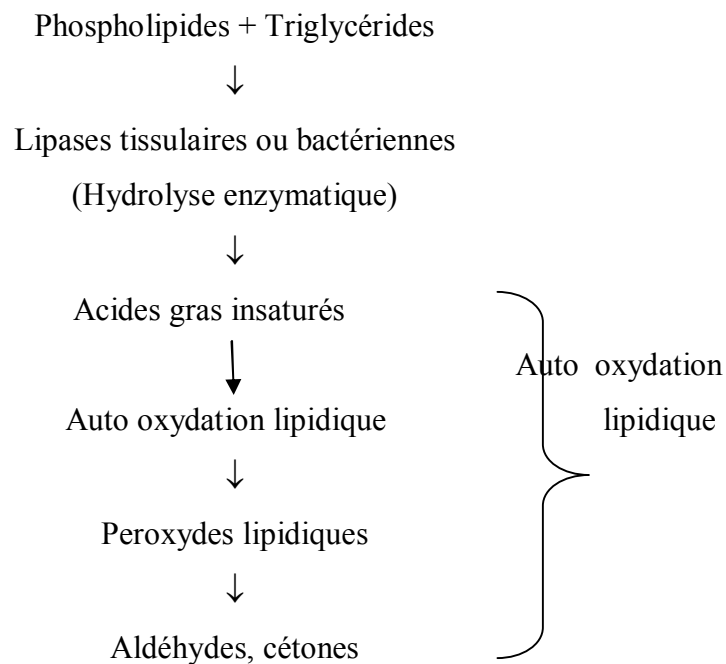


Figure 4-Oxydation lipidique (LAMELOISE *et al.*, 1984).

II-5-3-Jutosité

La jutosité, appelée aussi succulence caractérise la faculté d'exsudation de la viande au moment de la dégustation. Le facteur essentiel qui va jouer sur la jutosité est le pouvoir de rétention d'eau du muscle (LAMELOISE *et al.*, 1984).

Le pouvoir de rétention d'eau du muscle de la viande est la faculté de la viande à conserver, dans des conditions bien définies, son eau propre ou de l'eau ajoutée. Il traduit la force de liaison de l'eau aux protéines de la fibre musculaire (LAMELOISE *et al.*, 1984).

Le pouvoir de rétention d'eau dépend de l'eau retenue au niveau des myofibrilles, celle-ci dépendant de la structure spatiale des protéines des fibres musculaires. Lorsque la distance entre les chaînes protéiques s'agrandit, le pouvoir de rétention d'eau augmente (LAMELOISE *et al.*, 1984).

II-5-4-Tendreté

La tendreté peut être définie comme la facilité avec laquelle une viande se laisse trancher et mastiquer, au contraire d'une viande dure, difficile à mastiquer (**TOURAILLE, 1994**).

La tendreté est le critère de qualité le plus important pour le consommateur lorsqu'il consomme une viande. Elle mesure la facilité avec laquelle la structure de la viande peut être désorganisée au cours de la mastication (**OUALI et al., 2006**).

La tendreté est un facteur important de la qualité. C'est la qualité sensorielle la plus déterminante pour le consommateur de viande (**DEANSFIELD et ZAMORA, 1997**).

C'est aussi l'un des critères de qualité d'origine multifactorielle le plus variable, et donc le plus difficile à maîtriser ou à prédire (**CULIOLI, 1998 ; GEAY et al., 2001**).

CHAPITRE III

Evolution de la tendreté de la viande

III - Evolution de la tendreté de la viande

III-1-Tendreté

La tendreté de la viande perçue comme une combinaison de sensations résultant de l'interaction des sens avec des propriétés physiques et chimiques, comme la dureté, l'humidité et l'élasticité. La propriété physique de la viande la plus importante et son degré de tendreté pendant la mastication, et ce, après la cuisson. La tendreté et la dureté sont des termes subjectifs complexes qui sont difficiles à traduire de façon exacte en paramètres mécaniques, pouvant être mesurés objectivement (LIVIU, 2005).

La tendreté peut être considérée comme le composant mécanique de la texture de la viande, le deuxième composant étant la jutosité (DRANSFIELD, 1994a).

La tendreté mesure donc la facilité avec laquelle une viande se laisse couper. Beaucoup de consommateurs classent ce paramètre en premier lieu parmi les facteurs qui déterminent la qualité de la viande. Non seulement le consommateur exige que la viande soit tendre, mais plus encore qu'elle soit toujours tendre (DRANSFIELD, 1994a).

III-2-Importance de la tendreté pour le consommateur

La tendreté est la qualité sensorielle la plus importante pour le consommateur de viande. Les consommateurs sont demandeurs d'un système de prédiction fiable de la qualité de la viande qui pourrait, avec d'autres facteurs, contribuer à enrayer la chute de la consommation (VERBEKE et al., 2010).

Les consommateurs sont prêts à payer plus cher des pièces de viande de tendreté garantie tout en ayant des attentes diverses (BOLEMAN et al., 1997).

La tendreté est aussi l'un des critères de qualité d'origine multifactorielle le plus variable, et donc le plus difficile à maîtriser ou à prédire (GUILLEMIN et al., 2009).

III-3- Caractéristiques de la tendreté

La tendreté est dépendante de plusieurs composantes à savoir, les lipides intramusculaires, les fibres musculaires, le collagène, et les systèmes protéolytiques. Ces derniers interviennent lors de la transformation *post-mortem* du muscle en viande à l'abattoir et aussi sur les caractéristiques de la viande à la bouche. L'importance de leur contribution à la tendreté n'est pas la même selon les muscles. Certains facteurs peuvent même être favorables à la tendreté dans un muscle et être défavorables dans un autre (KOOHMARAIE et al., 2002).

III-3-1- Paramètres fondamentaux de la tendreté

Il existe deux types de paramètres fondamentaux caractérisant la tendreté d'une viande dont :

III-3-1-1- Paramètres structuraux

Les composantes structurales de la tendreté sont : le tissu conjonctif et les fibres musculaires. Se sont les deux composantes protéiques structurales.

A- Myofibrilles, plus particulièrement aux protéines constitutives des myofibrilles et aux différentes protéines qui leur sont associées et qui en assurent l'intégrité structurale. Les myofibrilles jouent un rôle important après l'abattage, au cours de la transformation du muscle en viande (phase de maturation de la viande) car c'est leur évolution qui est à l'origine de l'attendrissage de la viande. En effet, la protéolyse ménagée qui a lieu après la mort de l'animal, favorisera la fragilisation de la structure myofibrillaire sous l'action de différents systèmes protéolytiques (**KOOHMARAIE *et al.*, 2002**).

B- Tissu conjonctif, qui correspond à la seconde composante musculaire et plus précisément au collagène. Le collagène est la protéine la plus abondante de la matrice extracellulaire (MEC). Elle représente, selon le muscle, jusqu'à 15% de la matière sèche (**PURSLOW, 2005**).

Du fait de sa résistance importante, le collagène donne au muscle sa dureté de base. La viande sera donc d'autant plus dure que sa teneur en collagène sera élevée et que sa solubilité, qui reflète le degré des liaisons existantes entre les molécules, sera faible. Aussi, cette propriété détermine le mode de cuisson des viandes (viande à bouillir ou à griller). Ainsi, des viandes pauvres en collagène sont plutôt grillées, tandis que des muscles riches en collagène donnent des viandes dures, classées comme des viandes à bouillir et nécessitant un temps et une température de cuisson plus importants (**PURSLOW, 2005**).

C- Teneur en lipides

La tendreté est en relation directe avec la teneur en lipides, le collagène et la taille des fibres. (**LUDOVIC., 2008**).

Un certain nombre de travaux ont mis en évidence une relation entre la tendreté et la teneur en lipides intramusculaires. Dans ce cas, deux points sont mis en évidence, d'une part, les animaux ayant une couverture adipeuse plus épaisse sont mieux protégés contre la contracture au froid en cas de réfrigération rapide. D'autre part, la teneur en lipides intramusculaires peut intervenir dans la texture de la viande après cuisson, d'autant plus que la température de cuisson est élevée (**LUDOVIC., 2008**).

III-3-1-2- Paramètre enzymatique

Englobe les protéines intramusculaires ainsi que l'activité des différents systèmes protéolytiques impliqués dans la maturation *post mortem* de la viande (EV RAT-GEORGEL, 2008).

A- Systèmes protéasiques

Les systèmes proteasiques interviennent lors de la phase d'attendrissage de la viande, qui constitue donc un processus essentiel dans l'amélioration progressive de la tendreté après la *rigor mortis* des muscles. La rigidité survient 24 à 48 heures après l'abattage. C'est ensuite que débute la phase de maturation, sur des carcasses correctement refroidies à une température inférieure ou égale à 7°C (OUALI, 1991).

La maturation est un processus multifactoriel très complexe essentiellement enzymatique, résultant de l'action de protéases endogènes sur les protéines myofibrillaires, fragilisant la structure musculaire (OUALI, 1991).

Le processus de maturation varie en vitesse et en intensité entre les muscles d'un même animal, en relation avec le type contractile et métabolique des muscles (OUALI, 1991).

Les systèmes protéolytiques vont dégrader les protéines myofibrillaires et du cytosquelette. Ils vont ainsi briser les liens inter et intra myofibrilles, les liaisons myofibrille - sarcolemme, et l'attachement des cellules musculaires à la lame basale. Il s'agit d'une protéolyse ménagée qui va détendre progressivement le muscle dont le but est d'atteindre une valeur de tendreté maximale (OUALI, 1991).

III-4-Méthodes d'évaluation

La tendreté est l'un des critères de qualité d'origine multifactorielle le plus variable, et donc le plus difficile à maîtriser ou à prédire (GUILLEMIN *et al.*, 2009).

IL n'existe pas une méthode capable de mesurer l'ensemble des sensations perçues lors de la mastication de la viande. Mais, il existe diverses méthodes qui permettent, à peu près, de mesurer et classer la tendreté de la viande (AMENI, 2007)

III-4-1-Méthodes de terrains

Les professionnels de la viande utilisent des méthodes dites de terrain, dont, la méthode de la pression du pouce qui leur permet de trouver la délimitation entre les zones tendres et les zones dures des muscles, ce qui sert dans la pratique de l'affranchi (OTREMBA *et al.*, 1999),

Une autre méthode, la seule véritablement fiable, est le jury de dégustation, qui donne une note de tendreté à la viande. Les morceaux de viande seront ainsi classés en trois catégories à savoir : garantie tendre; tendre et à attendrir.

Le test sensoriel fait appel à un jury de dégustation entraîne à l'évaluation de la tendreté de la viande bovine. Le nombre de personne est variable selon les études, il est en général de 6 à 12. Ces personnes notent les échantillons en fonction de leur tendreté, dont l'échelle diffère selon les études (OTREMBA *et al.*, 1999).

Pour ces tests, les échantillons sont des cubes découpés dans les morceaux de viande à analyser. Ils sont présentés aux membres du jury dans un ordre aléatoire. Entre chaque échantillon, les personnes boivent de l'eau déminéralisée et mangent des crackers non sales afin d'éliminer toute interférence entre les échantillons. Cette méthode est la plus précise dans l'évaluation de la tendreté car ses résultats sont les plus proches des résultats ressentis par le consommateur lors de la dégustation de la viande (OTREMBA *et al.*, 1999).

III-4-2- Méthodes de laboratoire

Dans un laboratoire, la mesure de la tendreté est l'évaluation objective de la texture des muscles. De plus, l'analyse de la tendreté doit tenir compte de l'état de la viande, crue ou cuite, car l'analyse instrumentale sur une viande crue définit la tendreté potentielle de cette viande, et l'analyse d'une viande cuite définit sa tendreté instrumentale (GAZEAU, 1997).

La viande appartient au groupe des semi solides, dont le comportement de ses corps lors d'une déformation dépend de la vitesse de cette déformation. De plus il faut opérer dans la gamme de la vitesse de la mastication de la viande et il se pose le problème de la structure de la viande, qui est hétérogène, et modifiée lors de la cuisson. Il faut donc connaître précisément le comportement rhéologique de la viande qui n'est pas encore bien maîtrisé (AMENI., 2007).

III-5- Appareils utilisés dans l'évaluation de la tendreté

III-5-1- Appareils empiriques

Se sont des équipements avec lesquels on tente de caractériser la viande, hors des conditions de mastication, tel l'appareil de WARNER et BRATZLET (1928-1932) ou le paramètre pris en compte est le maximum de force, qui n'est pas relié aux propriétés du milieu. Le test de Warner-Bratzler (WB) est le principal test mécanique utilisé internationalement pour suivre l'évolution de la tendreté (LEPETIT et CULIOLI., 1994).

Il s'agit d'appliquer une force de cisaillement sur un échantillon de viande, ce qui fait intervenir la résistance du tissu conjonctif (LEPETIT et SALE., 1985).

Différents protocoles et matériels existent, mais WHEELER *et al.*, (1997), ont standardisé ce test. Ce dernier consiste à découper dans l'échantillon à analyser 6 cylindres au maximum d'un diamètre de 1,27cm (Figure 5: .A). Ceux-ci sont découpés dans l'axe longitudinal aux fibres musculaires. Ensuite, une force de cisaillement est exercée sur le cylindre, de manière

perpendiculaire à l'orientation des fibres. Cette force est produite par une lame de 1,016mm d'épaisseur, dont le coté tranchant est en forme de V inverse, d'un angle de 60° (**Figure 5: .B**).

Le cisaillement est appliqué au centre du cylindre par un appareil Warner- Bratzler dont la vitesse de cisaillement est réglable (**Figure 5: .C**). La force nécessaire au cisaillement de l'échantillon est exprimée en kg/cm² (**WHEELER et al., 1997**).

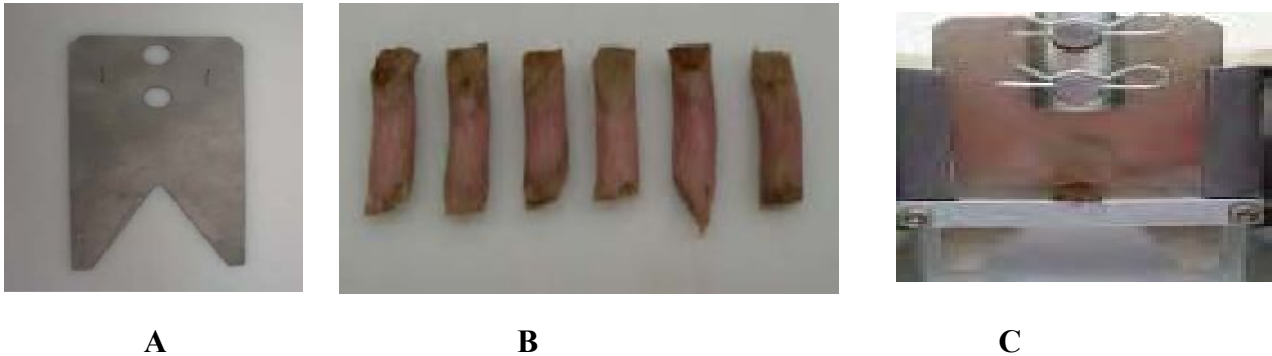


Figure 5: Test de Warner-Bratzler (WHEELER et al., 1997).

A. Lame en V inverse de 1,016mm utilisée pour le test.

B. Echantillons de 1,27cm de diamètre coupés dans le steak a analyser.

C. Mise en place du test sur un échantillon. **WHEELER et al, 1997**

III-5-2- Appareils imitatifs

Les appareils imitatifs tentent de reproduire l'action des dents, tel l'appareil de **PROCTON (1955)**, qui est la reconstitution d'une cavité buccale complète, ou l'appareil de **VOLODKEVITCH (1938)**, qui reproduit l'action d'une dent.

Une nouvelle technique a été développée pour des analyses quantitatives de la texture de la viande, il s'agit de méthode ultrasonique en se basant sur la vitesse de propagation des ondes soniques dans la viande, sur un résonateur à haute résolution ultrasonique ; les résultats sont très corrélés à ceux d'un jury et à la force de cisaillement (**PAUL et al., 2001**).

Les techniques les plus investiguées sont celles qui sont basées sur la spectroscopie ou spectrométrie. Il existe trois classes de spectroscopie dont celle utilisée pour la viande est la spectroscopie électromagnétique. C'est une technique basée sur l'excitabilité des molécules organiques par un rayonnement lumineux. Parmi les nouvelles technologies, la spectroscopie dans le visible et ou le proche infrarouge est celle qui a fait plus l'objet d'étude pour prédire la tendreté de la viande bovine. La prédiction se fait avec une marge d'erreur qui doit être la plus faible possible. L'outil fondé sur la mesure de la réflectance par spectroscopie dans le proche infrarouge cette méthode est utilisée pour l'évaluation de la tendreté (**ROZE et EVRAT-GEORGEL., 2008**).

CHPITRE IV

Facteurs impliqués dans la tendreté

IV-Facteurs impliqués dans la tendreté

La tendreté de la viande dépend de plusieurs facteurs pour son installation, qui l'influencent au cours du temps *post mortem* de la viande, soit positivement ou négativement et donnent des différentes qualités à observer.

IV-1- Causes de variabilité de la tendreté

La tendreté de la viande est un caractère dont la variabilité demeure importante, ce qui engendre une insatisfaction de la part des consommateurs. Une meilleure maîtrise de la tendreté est donc recherchée par les acteurs de la filière et il existe plusieurs exemples de facteurs affectant la tendreté de la viande. Certains de ces facteurs sont maîtrisables par l'Homme, d'autres sont liés à l'animal ou encore relatifs aux caractéristiques physico-chimiques du muscle (**XAVIER et al., 2009**)

IV-1-1- Facteurs maîtrisés par l'Homme

IV-1-1-1-Température

La température à laquelle le muscle est entreposé en entrant en *rigor* influence la longueur des fibres du muscle. Une fibre ayant subi un raccourcissement présente une dureté supérieure à une fibre dont la longueur est augmentée (**WEAVER et al., 2008**).

La durée de conservation pour l'obtention d'une tendreté optimale est fonction de la température de stockage. Elle est de 8 jours à 6°C, de 14 jours à 2°C et de 16 jours à 0°C (**COIBION, 2008; LAMELOISE et al., 1984**).

L'étude menée par **LOCKER et HAGYARD (1963)**, a montré que le raccourcissement de certains muscles est minimal lorsque le muscle est maintenu à une température voisine de 15°C (entre 14 et 19°C). Pour une température supérieure, la contraction musculaire a lieu au moment de la *rigor*. En dessous de 15°C, le raccourcissement survient avant la phase de la *rigor mortis*.

La diminution de température provoque l'arrêt des pompes calciques ATP-dépendantes du réticulum sarcoplasmique et entraîne des fuites de calcium dans le sarcoplasme (**HONIKEL et HAMM, 1978**).

Cette augmentation de calcium intracellulaire stimule la liaison de l'actine et de la myosine et provoque la contraction musculaire. Cette phase est appelée contracture au froid ou « cold shortening ».

Selon, **BOUTON et al. (1974)**, le phénomène de « cold shortening » semble être lié à la structure des myofibrilles et conduit à une viande plus dure.

L'étude de **WILLEMS et PURSLOW (1996)**, a montré que des fibres musculaires sans tissu conjonctif provenant d'un muscle ayant subi le phénomène de « cold shortening » étaient plus dures que des fibres prises dans un muscle « au repos ». A l'inverse, les muscles maintenus à une température trop élevée pendant de longues périodes *post-mortem* possèdent une plus grande activité glycolytique qui engendre une diminution très rapide du pH. Cette chute brutale de pH ainsi que le maintien des muscles à une température plus élevée produit un raccourcissement qualifiant cet état de « *rigor shortening* » ou (« *heat shortening* »).

Dans ce cas, la concentration en calcium cellulaire augmente également et stimule la contraction du muscle de la même manière que la contracture au froid. Cependant, comme il reste de l'ATP, les pompes calciques sont toujours activées et la libération de calcium dans la cellule est moindre. La contraction musculaire a donc lieu plus tard, durant la phase de *rigor* (**LEE et ASHMORE, 1985 ; DEVINE et al., 1999**).

Donc, Pour assurer la stabilisation de la viande et améliorer sa conservation, l'utilisation de basses températures est éventuellement la meilleure méthode (**COLLIN, 1972 ; CLAUDE, 1974**).

IV-1-1-2-Accrochage des carcasses

Après l'abattage des animaux, les carcasses sont stockées dans des chambres froides afin de permettre le phénomène de maturation *post-mortem* du muscle en viande. Le stockage se fait par accrochage des carcasses (**BMANCHET et al., 2009**).

Il s'agit de la pratique la plus couramment usitée dans les abattoirs pour stocker les carcasses. Quand une carcasse est suspendue, son poids permet de générer des tensions qui favorisent l'étirement de différents muscles avant le début de la phase de *rigor* et permettent de prévenir le phénomène de « cold shortening » (**CHERET ., 2005**).

IV-1-1-3-Cuisson

Lors de la cuisson, la température atteinte au cœur de la viande influe sur la tendreté de celle-ci, en la réduisant ou l'augmentant selon les morceaux (**HARKATI., 2007**).

Donc la cuisson est un élément à prendre en compte pour la tendreté. En effet, une cuisson lente améliore la tendreté. La diffusion de la chaleur qui se fait de façon lente et de manière homogène, augmente ainsi la solubilisation du collagène et rend la viande plus facile à trancher (**PENFIELD et MEYER, 1975**).

Cependant, ce n'est pas le cas pour tous les muscles puisque la tendreté varie peu quelque soit le mode de cuisson (**LAWRENCE et al., 2001 ; KING et al., 2003**).

IV-1-1-4-Régime alimentaire

L'alimentation des animaux, est un facteur non négligeable de variabilité de la tendreté. Selon le type d'alimentations fournies, le développement et la croissance des animaux mais aussi, les caractéristiques musculaires seront modifiées. En cas de restriction alimentaire, chez les animaux, une diminution du nombre de fibres glycolytiques est observée (**PICARD *et al.*, 1995**).

Des travaux portant sur l'alimentation des animaux ont montré que la quantité de protéines de la ration des animaux élevés en étable influençait également la tendreté, de meilleures conformations ont été obtenues avec des rations dont la teneur en protéines était plus importante (**CLINQUART *et al.*, 2000**).

Une alimentation riche en herbe augmente naturellement la teneur en vitamine E, qui permettant de stabiliser la couleur et de prévenir les déviations de goût, et la vitamine A diminue le taux de gras intramusculaire (persillé) (**DUFÉY, 2010 ; FAUSTMAN *et al.*, 1989 ; GOROCICA-BUENFIL et LOERCH, 2005 ; KRUK *et al.*, 2008**).

Des teneurs en vitamine E voisines de 6,5-7 µg/g ont été dans le rumsteak d'animal nourris à l'herbe. Des vitamines ont également été testées. comme la vitamine D₃ semble avoir un rôle dans la tendreté de la viande. Elle augmente la quantité de sang et le taux de calcium et semble améliorer la tendreté de la viande à 24 heures *post-mortem* (**DURAND *et al.*, (2001) ; SWANEK *et al.*, 1999**).

Par ailleurs, une réduction de synthèse et de dégradation des protéines myofibrillaires, une augmentation du taux de collagène ainsi qu'une baisse de sa solubilité ont été constatés, ce qui constitue des éléments défavorables pour la tendreté (**JONES *et al.*, 1990 ; MILLER *et al.*, 1987**).

IV-1-2-Facteurs liés à l'animal

IV-1-2-1- Comportement de l'animal

Le tempérament des animaux constitue un facteur à prendre en compte dans le déterminisme de la tendreté. Il a été montré que les animaux ayant un comportement «excité» présentent une viande plus dure que des animaux présentant un comportement calme (**VOISINET *et al.*, 1997 ; KING *et al.*, 2006 et BEHRENS *et al.*, 2009**).

IV-1-2-2- Sexe de l'animal

Le sexe de l'animal influe non seulement sur la tendreté mais également sur la couleur de la viande. L'augmentation de la testostérone des males augmente le total du collagène. Celles-ci mettent en évidence un effet du sexe sur la couleur et sur la tendreté de la viande (**BERIAIN *et al.*, 1999 ; MONIN, 1991**).

L'effet sur la couleur, souvent plus marquée chez les femelles que chez les males, provient d'une augmentation plus rapide de la teneur en pigments (myoglobine) au cours de la croissance. La viande de males est généralement considérée comme plus dure que celle de femelles, cette différence est liée à la teneur en collagène plus élevée chez les males (CLINQUART *et al.*, 2000).

En ce qui concerne la tendreté, la viande des animaux femelles que se soit adulte ou jeunes est plus tendre par rapport à ceux du sexe male (SOO KIM *et al.*, 2007 et JELENIKOVA *et al.*, 2008).

IV-1-2-3- Age de l'animale

La tendreté de la viande diminue avec l'âge de l'animal, par suite de la modification de la structure du collagène. L'augmentation de la vitesse de croissance surtout après 12 mois provoque le même phénomène. (GAZEUX, 1997; BERIAIN *et al.*, 1999).

Selon CLINQUART *et al.*, (2000), la dureté de la viande augmente avec l'âge de l'animal, en raison de la diminution de la solubilité du collagène. Ainsi que la couleur de la viande qui devient plus sombre avec l'âge, parce que la teneur en myoglobine augmente. Et l'augmentation de la teneur en graisse intramusculaire, va augmenter la flaveur de cette viande.

IV-1-2-4- Variation inter et intra races et inter espèces

Une variabilité individuelle importante existe au sein de chaque race. Plus un animal possède une part génétique d'une race donnée, plus la viande a des caractéristiques point de vue dureté spécifique à cette race (DRANSFIELD *et al.*, 2003).

Plus la viande est dure, moins elle est appréciée gustativement par le consommateur (CROUSE *et al.*, 1989 ; SHERBECK *et al.*, 1996).

Les auteurs ont également constaté que plus le muscle possède un fort potentiel oxydatif et une teneur faible en collagène soluble et insoluble, plus la viande obtenue est tendre. Ils en concluent que la variabilité de la qualité de la viande observée dépend non seulement de la race mais aussi du type musculaire (ZAMORA *et al.*, 1996).

Ces auteurs ont pu montrer qu'entre deux muscles provenant d'animaux de même race, la dureté de la viande pouvait varier d'un muscle à l'autre entre les animaux. Comme le laissent supposer plusieurs études, la variation inter-espèces est également très importante. De plus, des animaux issus de races à viande sont aptes à maturer plus rapidement que ceux issus de races laitières (ZAMORA *et al.*, 1996).

IV-1-3-Facteurs physico-chimiques et biologiques

IV-1-3-1-pH

La diminution du pH est liée à l'accumulation d'acide lactique issu de la dégradation du glycogène contenu dans le muscle, cette diminution rapide du pH peut induire une dénaturation des protéines musculaires et par conséquent une viande moins tendre, moins juteuse avec une couleur moins intense (SOLOMON *et al.*, 1998).

Le pH se stabilise lorsque les réserves en glycogène sont épuisées, on parle alors de pH ultime (CLINQUART *et al.*, 2000).

Le pH est un paramètre chimique qui influence la capacité de conservation et de transformation de la viande (CARTIER et MOEVI., 2007).

En effet, après l'abattage, le pH du muscle passe d'une valeur proche de 7,0 à environ 5,5-5,7 en 48 h chez les viandes rouges (CARTIER et MOEVI., 2007).

Le pH élevé est dû à un taux de glycogène musculaire plus faible que dans un muscle normal au moment de l'abattage. Ce faible taux conduit donc à une faible production de lactate. La tendreté qui en résulte est sujette à controverse. Certains auteurs supposent que la viande est plus tendre car la diminution de substrat utilisée dans la glycolyse provoque un épuisement plus rapide d'ATP et un état de *rigor* plus précoce (réduisant la susceptibilité au «cold shortening»), ce qui permet de prolonger l'activité des protéases (WATANABE *et al.*, 1996).

IV-1-3-2-Pouvoir tampon

Une source de variation de la tendreté de la viande est liée au pouvoir tampon de différents types de fibres. Les tampons sont majoritairement constitués de phosphates, des composés dérivés d'histidine, tels que : la carnosine et l'ansérine, qui sont en quantités plus importantes dans les muscles à fibres rapides que dans les muscles à fibres lentes (Abe, 2000).

IV-1-3-3-Tissu conjonctif

Le tissu conjonctif est un facteur potentiellement important de la tendreté de la viande. Il expliquerait jusqu'à 12,4% des variations constatées (CROSS *et al.*, 1973).

Un des mécanismes pouvant survenir dans le phénomène, et lié au tissu conjonctif, est la rupture des liaisons covalentes qui se forment dans le collagène. Ainsi, la force du tissu conjonctif devient plus faible lorsque le pH diminue (LEWIS et PURSLOW., 1991).

Il existe également une relation très étroite entre la quantité totale de collagène musculaire et la dureté ou la tendreté de la viande cuite (**RILEY *et al.*, 2005**).

Par contre, **LI *et al.* (2007a)**, montrent, une corrélation faible et négative entre la teneur totale en collagène et la dureté de la viande a été relevée, aussi bien pour une viande cuite que crue.

IV-1-3-4-Variation intra et inter musculaires

Il existe une plus grande variabilité de tendreté de la viande au sein des muscles d'un même animal qu'entre ceux de différents animaux. De plus, à l'intérieur même des muscles, une plus grande variabilité a aussi été trouvée. Ces différences seraient dues à la quantité, au type et à la solubilité du collagène ainsi qu'à la chute de température *post mortem* (**REUTER *et al.*, 2002 ; SHACKELFORD *et al.* 1997**).

L'étude de **DENOYELLE et LEBIHAN, (2003)** a confirmé qu'il existait bien une différence intramusculaire du niveau de tendreté dans un muscle étudié. Cette variation intramusculaire a également été retrouvée des muscles provenant de carcasses d'animaux de différentes races.

IV-1-3-5- Type de fibres

L'étude des différents types de muscles à travers les fibres musculaires présente un intérêt fort puisque leurs propriétés sont impliquées dans le déterminisme de divers aspects de la qualité de la viande tel que la tendreté (**PICARD *et al.*, 2002**).

CONCLUSION

Conclusion

La viande est un aliment important pour les êtres humains grâce à sa richesse en protéines de bonne qualité biologique, parmi ces qualités il y a la qualité, nutritionnelle, hygiénique, et de service.

Les consommateurs des viandes rouges sont attractifs par les qualités organoleptiques qui se modifient avec l'évolution de la viande depuis l'abatage jusqu'à la consommation.

La tendreté est l'une des qualités organoleptiques les plus importantes et les plus recherchées par les consommateurs, ce critère dépend de plusieurs facteurs d'ordre, intrinsèque ou extrinsèque ainsi, la tendreté est liée à la présence des composants structuraux, à savoir, les myofibrilles, le tissu conjonctive, la teneur en lipides intramusculaires aussi bien qu'à la présence de différents systèmes protéasiques qui peuvent dégrader les liaisons myofibrille-sarcomère et aboutissent à l'amélioration de la tendreté au cours de la transformation des muscles en viande.

La variation de la tendreté est liée à de nombreux facteurs qui peuvent être soit :

- des facteurs maîtrisés par l'homme comme, l'alimentation des animaux, la température de stockage des viandes, la durée de conservation et enfin le mode de cuisson qui améliore la tendreté.
- des facteurs liés à l'animal, ces derniers sont en relation directe avec le sexe, la variation génétique et l'âge de l'animal.
- des facteurs physico-chimiques et biologiques : qui correspondent au pH de la viande après l'abatage et le type de fibre tel que : les protéines myofibrillaires qui influencent fortement la tendreté de la viande, aussi la taille des fibres est un facteur déterminant pour la tendreté précoce puisque Les animaux ayant des fibres de petite taille ont tendance à avoir une viande plus tendre, la variation intra et intermusculaire. Ainsi Le collagène qui joue un rôle sur la tendreté non seulement par la quantité présente dans le muscle, mais aussi par sa solubilité .donc la viande est d'autant plus dure que le collagène est moins soluble. .

La tendreté peut être mesurée par deux types des méthodes. Les premières dites : méthodes de terrain, qui dépendent de la pression de pouce, et au jury de dégustation, les secondes sont les méthodes de laboratoire, qui utilisent différents appareils pour mesurer la tendreté d'une viande, parmi ces instruments de mesure il y a les appareils empiriques, tel que : l'appareil de WARNER et BRATZLET « 1928-1932 » et les appareils imitatifs comme : les appareils de PROCTONE « 1955 », et de VOLODK EVITCH « 1938 »).

REFERENCE

BIBLIOGRAPHIQUE

Références bibliographique

❖ A

ABE H., 2000, Rôle of histidine-related compounds as intracellulaire proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry (Moscow)*, 65(7):757-765.

AMENI H., 2007, Etude des paramètres biologiques intervenant dans l'attendrissage naturel de la viande ovine et leur relation au facteur type de muscle. P 22.

❖ B

BAUCHART D., CHANTELOTF., GANDEMER G., 2008, Qualités nutritionnelles de la viande et des abats chez le bovin : données récentes sur les principaux constituants d'intérêt nutritionnel. *Cah. Nutr. Diététique*, 43 : HS1, 29-39.

BEHREND S.M., MILLER R.K., ROUQUETTE Jr. F.M., RANDEL R.D., WARRINGTON B.G., FORBES T.D.A., WELSH T.H., LIPPKE H., BEHREND J.M., CARSTENS G.E. and HOLLOWAY J.W., 2009, Relationship of temperament, growth, carcass characteristics and tenderness in beef steers. *Meat Science*, 81(3):433-438.

BERIAIN M.J., BAS P., PURUORY A. ET TREACHERT., 1999, Effect of animal and nutritional factors and nutrition on lamb meat quality.

BLANCHET X., HERRERA-MENDEZ C.H., BECILA S., PELISSIER P., DELOURME D., COULIS G., SENTANDREU M.A., BOUDJZLLAL A., BREMAUD L. & OUALI A. 2009, Des gènes impliqués dans la variabilité de la tendreté des viandes bovines, *FEBS Letters*, 583(17):2743-2748.

BOLEMAN, S.J., BOLEMAN, S.L., MILLER, R.K., TAYLOR , J.F., CROSS, H.R., KOOHMARAIE M., SHACKELFORD, S.D., WHEELER, T.L., MILLER, M.F., WEST, R.L., JOHNSON , D.D., SAVELL, J.W., 1997, Consumer evaluation of beef of known catégories of tenderness. *J. Anim. Sci.*, 75, 1521-1524.

BOUTON P.E., HARRIS P.V. and SHORTHOSE W.R., 1974, Changes in the mechanical propriétés of veal muscles produced by myofibrillar contraction state, cooking température and cooking time. *Journal of Food Science*, 39(5):869-875.

❖ C

CARTIER et MOËVI., 2007, Le point sur la qualité des carcasses et des viands de gros bovins. Institut de l'Élevage : Paris, 72 p.

CLINQUART A., LEROY B., DOTREPPE O., HORNICK J.L., DUFRASNE I.L., ISTASSE L., 2000, Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge. In : L'élevage du Blanc Bleu Belge, Journée du Centre d'Excellence du Secteur agricole et son Management (CESAM), Mons, p. 19.

COIBION L., 2008, Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : adaptation à la demande du consommateur. (Mémoire pour l'obtention du grade de Docteur vétérinaire). Ecole nationale vétérinaire de Toulouse, p. 18.97.

COIBION L., 2008, Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine. adaptation à la demande du consommateur. p 7-25.

COLLIN D., 1972, La viande de bovins .Livre I. Tome III Doin. p1,21-29.

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

CROSS H.R., CARPENTER Z.L. and SMITH G.C., 1973, Effects of intramuscular collagen and élastine on bovine muscle tenderness. *Journal of Food Science*, 38(6):998-1003.

CROUSE J.D., CUNDIFF L.V., KOCH R.M., KOOHMARAIE M. and SEIDEMAN S.C., 1989, Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. *Journal of Animal Science*, 67(10):2661-2668.

CULIOLI J., DRANSFIELD E., ABOUELKARAM A., BAUCHART D., JURIE C., LEPETIT J., LISTRAT A., MARTIN J.F., PICARD B., 2002, Qualité sensorielle de la viande provenant de trois muscles de taurillons de réforme de quatre races allaitantes du massif central. *Renc. Rech. Ruminants*, 9, 255-258.

❖ D

DEBITON E., 1994, Viande facteurs biologiques impliqué. these présenté pour l'obtention du diplôme d'étude approfondi, science des aliments. Université Blaise Pascal .34p.

DEMEYER D.I., VAN BELLE M., VAN CAMP J., 1999, La viande et les produits de viande dans notre alimentation. In : Clinquart A., Fabry J., Casteels M., *Belgian Association for Meat Science and Technology* (éds), La viande ? Presses de la Faculté de Médecine vétérinaire de l'Université de Liège : Liège, p : 141-161.

DENOYELLE C. and LEBIHAN E., 2003, Intramuscular variation in beef tenderness. *Meat Science*, 66(1):241-247.

DENOYELLE.C, BROUARD.S, LEGRAND.I, QUILICHINI.Y.,2001, La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : application dans les filières bovine et ovine. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 43-48.

DEVINE C.E., WAHLGREN N.M. and TORNBERG E., 1999, Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderisation of restrained and unrestrained beef *m. longissimus thoracicus et lumborum*. *Meat Science*, 51(1):61-72.

DRANSFIELD E., 1994, Tenderness of meat, poultry and fish. In : Pearson A.M., Dutson T.R. (Eds), Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Blackie Academic & Professional : London, 289-336.

DRANSFIELD E., MARTINJ.F., BAUCHART D., ABOUELKARAM S., LEPETIT J., CULIOLIJ., JURIE C. and PICARD B., 2003, Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. *Animal Science*, 76(3):387-399.

DRANSFIELD, E .ZAMORA, F., DEBITON, E., LEPETIT, J., LEBERT, A., and OUALI, A., 1996b. Predicting variability of ageing and toughness in beef m *longissimus lumborum et thoracis*. *Meat Science* 43 (3-4): 321-333.

DRIEUX H., FERRANDO R., JACQUOT R., 1962, Caractéristiques alimentaires
Ed presses universitaires de France, Paris. P155.

DUFEY, P.A., 2010, Qualité de la viande bovine produite à partir de l'herbe. [en ligne]
Adresse URL : <http://www.agroscope.admin.ch>

DURAND D., GRUFFAT-MOUTY D., HOCQUETTE J.F., MICOL D., DUBROEUCCQ H., JAILLER R.,JADHAO S.B., SCISLOWSKI V.,BAUCHART D., 2001, Relations entre caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles et qualités organoleptiques et nutritionnelles de la viande chez le bouvillon recevant des rations supplémentées en huile de tournesol riche en AGPI n-6. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 75-78.

❖ E

EL RAMMOUZ R ., 2005, Etude des changements biochimiques *post mortem* dans le muscle de volailles- contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH. Thèse de doctorat .institut national polytechniques de Toulouse. Filière science agronomique n°d'ordre 2221.138p.

EV RAT-GEORGEL C., 2008, Bibliographie critique des méthodes instrumentals de mesure de la tendreté de la viande bovine. Département technique d'Élevage et Santé, Service Qualité des Viandes : Paris, p 156.

❖ F

FAUSTMAN C., Cassens R.G., SCHAEFER D.M., BURGE D.R., WILLIAMS S.N. and SCHELLER K.K., 1989, Improvement of pigment and lipid stability in Holstein steer beef by dietary supplementation with vitamin E. *Journal of Food Science*, 54(4):858-862.

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'École nationale vétérinaire de NANTES. p24-46.

❖ G

GAZEAUX O., 1997.Rapport sur la tendreté de la viande. Brenterch Yann, Grec'hriou, romain. , p 13.

GEAY Y., BAUCHART D., HOCQUETTE J., CULIOLI J., 2001, Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscle in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. Dev*, 41, 1-26. Erratum, 341-377.

GOROCICA-BUENFIL M.A. and LOERCH S.C., 2005, Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. *Journal of Animal Science*, 83(3):705-714.

GUILLEMIN, N., CASSAR-MALEK, I., HOCQUETTE, J. F, JURIE, C, MICOL, D, LISTRAT, A, LEVEZIRL, H, RENAND, G. et PICARD, B., 2009. La maîtrise de la tendreté de la viande bovine: Identification de marqueurs biologiques. *INRA Productions Animales* 22 (4): 331-344.

❖ H

HOCQUETTE J.F., CASSAR-MALEK I., LISTRAT A., JURIE C., JAILLER R., PICARD B., 2005, Evolution des recherches sur le muscle des bovins et la qualité sensorielle de leur viande. II : Influence des facteurs d'élevage sur les caractéristiques musculaires. *Cah. Agric*, 14, 365-372.

HONIKEL K.O. and HAMM R., 1978, Influence of cooling and freezing of minced pre-rigor muscle on the breakdown of ATP and glycogen. *Meat Science*, 2(3):181-188.

HUXLEY, H. E. 1969. The Mechanism of Muscular Contraction. [Review] *Science*.164: 1356-1365.

❖ I

IMMONEN, K., RUUSSUMEN, M., & PUOLANNE, E., 2000, Some Effects of Residual Glycogen Concentration on the Physical and Sensory Quality of Normal pH Fall. *Meat Sci*. 55: 33-38.

❖ J

JEACOCKE, R.E., 1984, The kinetics of rigor onset in beef muscle fibres. *Meat Science*, 11(4):237-251.

JELENIKOVA J., PIPEK P. and STARUCK L., 2008, The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science*, 80(3):870-874.

JONES S.J., STARKEY D.L., CALKINS C.R. and CROUSE J.D., 1990., Myofibrillar protein turnover in feed restricted and realimented beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68(9): 2707-2715.

❖ K

KING D.A., DIKEMAN M.E., WHEELER T.L., KASTNER C.L. and KOOHMARAIE M., 2003, Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef. *Journal of Animal Science*, 81(6):1473- 1481.

KING D.A., SCHUHLE PFEIFFER C.E., RANDEL R.D., WELSH Jr. T.H., OLIPHINT R.A., BAIRD B.E., CURLEY JR. K.O., VANN R.C., HALE D.S. and SAVELL J.W., 2006, Influence of animal temperament and stress responsiveness on the carcass quality and beef tenderness of feedlot cattle. *Meat Science*, 74(3):546-556.

KOOHMARAIE M., KENT M.P., SHACKELFORD S.D., VEISETH E. and WHEELER T.L., 2002, Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science*, 62(3):345-352.

KOOHMARAIE M., 1993, Muscle proteinases and meat ageing .meat sci. 36, 93-104.
KRUK Z.A., BOTTEMA C.D.K., DAVIS J.J., SIEBERT B.D., HARPER G.S., Di J. and PITCHFORD W.S., 2008, Effects of vitamin A on growth performance and carcass quality in steers. *Livestock Science*, 119(1-3):12-21.

L

LAMELOISE P., ROUSSEL-CIQUARD N., ROSSET R., 1984, Evolution des qualités organoleptiques : les viandes : hygiène, technologie. *Inf. Tech. Serv. Vet.*, 88-91, 121-125.

LAMILOISE P., ROUSSEL-CIQUARD N., ROSSET R., 1984, Evolution des qualités organoleptiques. Les viandes, informations Techniques des Services Vétérinaires. de gros bovins. Institut de l'Élevage : Paris, p 72.

LAURENT C., 1974, Conservation des produits d'origine animale en pays chauds.

LAWRENCE T.E., KING D.A., OBUZ E., YANCEY E.J. and DIKEMAN M.E., 2001, Evaluation of electric belt grill, forced-air convection oven, and electric broiler cookery methods for beef tenderness research. *Meat Science*, 58(3):239-246.

LAWRIE, R. A. 1974, Chemical and Biochemical Constitution of Muscle. Pages 70-123 in : Lawrie's Meat Science. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford, NY.

LAWRIE, R. A, 1998 a. Chemical and Biochemical Constitution of Muscle, Pages 58-94, and The Conversion of Muscle to Meat, Pages 96-118 in : Lawrie's Meat Science. 6th ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.

LEE Y.B. and ASHMORE C.R., 1985, Effect of early *postmortem* temperature on beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 60(6):1588.

LEPETIT J., CULIOLI J., 1994, Mechanical properties of meat. *Meat Sci.*, 36, 203-237.

LEPETIT J., SALE P., 1985, Analyse du comportement rhéologique de la viande par une méthode de compression sinusoidale. *Sciences des Aliments*, 5, 521-540.

LEWIS G.J. and PURSLOW P.P., 1991, The effect of marination and cooking on the mechanical properties of intramuscular connective tissue. *Journal of Muscle Foods*, 2(3):177-195.

LI C.B., ZHOU G.H. and XU X.L., 2007a, Comparison of meat quality characteristics and intramuscular connective tissue between beef longissimus dorsi and semitendinosus muscles from chinese yellow bulls. *Journal of Muscle Foods*, 18(2):143-161.

LIVIU D., 2005, Mémoire d'influence de la race, de sexe et de poids d'abattage sur la qualité de la viande d'agneau lourd .p.37

LOCKER R.H. and HAGYARD C.J. 1963, A cold shortening effect in beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 14(11):787-793.

LORENZEN C.L., NEELY T.R., MILLER R.K., TATUM J.D., WISE J.W., TAYLOR J.F., BUYCK M.J., REAGAN J.O. and SAVELL J.W. 1999, Beef customer satisfaction: cooking method and degree of doneness effects on the top loin steak. *Journal of Animal Science*, 77(3):637-644. , 77(3):645-653.

LUDOVIC,C.,2008,memoire de acquisition des qualites organoleptiques de la viande bovine:adaptation a la demande du condmmateur.p.50-51 .

❖ M

MALTIN, C., BALCERZAK, D., TILLEY, R. and DELDAY, M., 2003. Determinants of meat quality: Tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society* 62 (2): 337-347. Meat and the underlying mechanisms. Meat Sci, manuscript accepted, MESC 3881.

MANCINI R.A., HUNT M.C., 2005, Current research in meat color. *Meat Sci.*, 71, 100–121.

MILLER M.F., CROSS H.R., CROUSE J.D., and JENKINS T.G., 1987, Effect of feed energy intake on collagen characteristics and muscle quality of mature cows. *Meat Science*, 21(4):287-294.

MOËVI.I., 2006, Le point sur la couleur de la viande bovine. Institut de l'élevage,.<http://www.inst-elevage.asso.fr>

MOHAMED A., JAMILAH B., ABBAS K.A., ABDUL RAHMAN R., 2008, A review on some factors affecting colour of fresh beef cuts. *J. Food Agric. Env*, 6, 181-186.

MONIN, G., 1991. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod.s Anim.*, 4 : 151-160.

❖ N

NEELY T.R., LORENZEN C.L., MILLER R.K., TATUM J.D., WISE J.W., TAYLOR J.F., BUYCK M.J., REAGAN J.O. and SAVELL J.W. 1998, Beef Customer Satisfaction: role of cut, USDA quality grade, and city on in-home consumer ratings. *Journal of Animal Science*, 76(4):1027-1033.

NEELY T.R., LORENZEN C.L., MILLER R.K., TATUM J.D., WISE J.W., TAYLOR J.F., BUYCK M.J., REAGAN J.O. and SAVELL J.W. 1999, Beef customer satisfaction: cooking method and degree of doneness effects on the top round steak. *Journal of Animal Science*, 77(3):653-660.

NICOLAS GUILLEMIN., 2010, Marqueurs protéiques de la tendreté de la viande bovine : étude predictive et fonctionnelle. Thèse Doctorate en Spécialité Physiologie et Génétique Moléculaires. Université Blaise Pascal.p 23.

NORMAND J., 2005, Couleur de la viande de veau et de gros bovins. Interbev : Paris, 28 p.

❖ O

OTREMBA, M. M., DIKEMAN, M. E., MILLIKEN, G. A., STRODA, S. L., UNRUH, J. A. and CHAMBERS, E. t., 1999, Interrelationships among evaluations of beef longissimus and semitendinosus muscle tenderness by warner-bratzler shear force, a descriptive-texture profile sensory panel, and a descriptive attribute sensory panel. *Journal of Animal Science* 77 (4):865-873.

OUALI A., 1991, Consequences des traitements technologiques sur la qualite de la viande. *INRA Productions Animales* 4 (3): 195-208.

OUALI A., HERERA-MANDEZ C.H.,COULIS G., BECILA S., BOUDJLLEL A.G., ALUBRY L. et SENTRADREU M .A., 2006 Revising the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Sci*, manuscript accepted, MESC 3881.

OUALI, A., 1992, Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie* 74 (3): 251-265.

OUALI., A. and TALMANT, A., 1990, Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal-muscles. *Meat Science* 28 (4): 331-348.

OUALI A., GARREL N ., OBLED A ., DEVAL C.et VALIN C., 1987, Comparative action of cathepsine DBHL and of new lysosomal cysteine proteinase on rabbitmyofibrils. *Meat Sci* .19,83-100.

❖ P

PAUL A., DAYEUR C.et MULEN A. M .2001.Using ultrasound to measure beef tenderness and fat content. The national food center, research report n°35.16p.

PEARSON, A. M., & YOUNG, R. B., 1989, Composition and Structure of Skeletal Muscle. Pages 235-265 in : *Muscle and Meat Biochemistry*. Academic Press, Inc, London, UK.

PENFIELD M.P. and MYEER B.H., 1975, Changes in tenderness and collagen of beef semitendinosus heated at two rates. *Journal of Food Science*, 40(1):150-154.

PICARD B., JURIEC., CASSAR-M., et HOCQUETT J.F., 2002, Typologie et myogénese des filres munulaires chez differents espèce d'interet agronomique. *INRA, Prod.Anim.*16, 125-131.

PICARD, B., ROBELIN J. and GEAY, Y., 1995, Influence of castration and postnatal energy restriction on the contractile and metabolic characteristics of bovine muscle. *Annales de Zootechnie*, 44(4): 347-357.

PURSLOW P.P., 2005, Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70(3):435-447.

❖ R

RENAND G., HAVY A., TURIN F., 2002, Caractérisation des aptitudes bouchères et qualités de la viande de trois systèmes de production de viande bovine à partir des races rustiques françaises Salers, Aubrac et Gasconne. *Prod. Anim*, 15, 171-183.

RENERRE M., 2000, Oxidative processes and myoglobin. In : Decker E., Faustman C., Lopez-Bote C.J. (Ed s), 44 Antioxidants in muscle foods. John Wiley & Sons : New-York, 113-133.

REUTER B.J., WULF D.M. and MADDOCK R.J., 2002, Mapping intramuscular tenderness variation in four major muscles of the beef round. *Journal of Animal Science*, 80(10):2594-2599.

RILEY D.G., JOHNSON D.D., CHASE C.C.J., WEST R.L., COLEMAN S.W. OLSON T.A. and HAMMOND A.C., 2005, Factors influencing tenderness in steaks from Brahman cattle. *Meat Science*, 70(2):347-356.

ROCK E., 2002, Les apports en *micronutriments* par la viande. In : 9e Journées des Sciences du Muscle et Technologies de la Viande, Clermont Ferrand, 15-16.

ROZE S., EVRA GEORGEL C., 2008, Vérification des performances du Quality Spec® BT à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine. Institut d'Élevage : Paris, p 33.

❖ S

SALIFOU C.F.A., YOUSAO A.K.I, AHOUNOU G.S., TOUGAN P.U., FAROUGOU S., MENSAH G.A., CLINQUART A., 2013, Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine .Ann. Méd. Vét. 157, 27-42.

SAVELL J.W., MUELLER S.L., BAIRD B.E., 2005, The chilling of carcasses. *Meat Sci.*, 70, 449-459.

SERG N., 2005, Hystologie. PCEM 1.Facult2 Lyon Nord.

SHACKELFORD S.D., WHEELER T.L. and KOOHMARAIE M., 1997, Tenderness classification of beef: 1. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness, *Journal of Animal Science*, 75(9):2417-2422.

SHERBECK J.A., TATUM J.D., FIELD T.G., MORGAN J.B. and SMITH G.C., 1996, Effect of phenotypic expression of Brahman breeding on marbling and tenderness traits. *Journal of Animal Science*, 74(2):304-309.

SOO KIM Y., ONG A., BOBBILI N., DUPONTE M.W. and FUKUMOTO G.K., 2007, Evaluation of meat tenderness of forage-finished cattle produced in Hawaii, and factors affecting the tenderness. *Food Safety and Technology*, FST-27.

STARTON T., 1982, Viande et alimentation humaine .Ed. Apria, Paris. p110.

SWANEK S.S., MORGAN J.B., OWENS F.N., GILL D.R., STRASIA C.A., DOLEZAL H.G. and RAY F.K., 1999, Vitamin D3 supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, 77(4):874-881.

❖ T

TOTORA et al., 1994, TAYLOR, R. G., GEESINK, G. H., THOMPSON, V. F., KOOHMARIA, M., & GOLL, D. E., 1995, Is Z-disk Degradation Responsible for Post mortem Tenderization? *J. Anim. Sci.* 1995 73: 1351-1367. Cité par CAMIRAND, 2004.

TOURAILLE.C., 1994, Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 169-176.

❖ V

VERBEKE, W., VAN WEZEMAEL, L., BARCELLOS, M.D., KUGLER, J.O., HOCQUETTE, J.F., UELAND, O., GRUNERT, K.G., 2010, European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee: Insights from a qualitative study in four EU countries. *Appetite*, 54, 289–296.

VOISINET B.D., GRANDIN T., O'CONNOR S.F., TATUM J.D. and DEESING M.J., 1997, *Bos indicus*-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Science*, 46(4):367-377.

❖ W

WATAMABE A., DALE, C.C. et DEVINE C., 1996, The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science*, 42(1):67-78.

WEAVER A.D., BOWKER B.C. and GERRARD D.E. 2008, Sarcomere length influences *postmortem* proteolysis of excised bovine semitendinosus muscle. *Journal of Animal Science*, 86(8):1925-1.

WILLEMS M.E.T. and PURSLOW P.P. 1996, Effect of postrigor sarcomere length on mechanical and structural characteristics of raw and heat-denatured single porcine muscle fibres. *Journal of Texture Studies*, 27(2):217- 233.932.

❖ X

XAVIER BLANCHET., 2009, Des gènes impliqués dans la variabilité de la tendreté des viandes bovines *Etude structure-fonction de l'anti-protéase codée par le gène bovin SERPINA3-3* Thèse de Doctorate Discipline : Biologie, Sciences, Santé de l'universite de Limoges, p11.

❖ **Z**

ZAMORA F., DEBITON E., LEPETIT J., LEBERT A., DRANSFIELD E. and OUALI A., 1996, Predicting variability of ageing and toughness in beef *M. longissimus lumborum et thoracis*. *Meat Science*, 43(3-4):321-333.

ZEGHILET N., (2009), Optimisation des paramètres de détection et de quantification des résidus d'antibiotiques dans la viande blanche par chromatographie liquide haute performance(HPLC).Magister en médecine vétérinaire. Université Mentouri de Constantine. p 17, 20.

دراسة نظرية للعوامل المتدخلة في طراوة اللحم

ملخص: تشغل اللحوم أهمية غذائية كبيرة بالنسبة للإنسان وذلك لغناها بالمكونات الحيوية. يجذب مستهلكو اللحوم إلى النوعية الحسية مثل الطراوة التي تتغير بتطور اللحم من الذبح إلى غاية الاستهلاك، هذه النوعية تتطلب وجود مجموعة من المكونات كأنواع الألياف العضلية، الخلايا الشحمية ما بين العضلات وتوجه نشاطاتها الايضية. تتدخل مجموعة من العوامل بشكل واضح في طراوة اللحوم كالعوامل المرتبطة بالحيوان مثل (السلالات، السن، الجنس) والعوامل الخاضعة للإنسان (التغذية، الطهي) بالإضافة إلى العوامل الفيزيو- كيميائية والبيولوجية مثل (درجة الحموضة، درجة الحرارة، مقدار الكولاجين في النسيج الضام)، تتفاعل جميع هاته العوامل محددة لنا في الأخير، تنوع وتعدد طراوة اللحوم من حيوان إلى آخر.

Synthèse bibliographique sur Les facteurs impliqués dans la tendreté de la viande.

Résumé : Grâce a sa richesse en composants biologiques, la viande a la capacité d'occuper une grande importance alimentaire chez l'être humain. Les consommateurs des viandes sont attirés par les qualités organoleptiques, comme la tendreté; qui ce modifie avec l'évolution de la viande depuis l'abattage jusqu'à la consommation. Ces qualités dépendent de la présence des différents composants dans le muscle tel que: les types des fibres, des adipocytes intramusculaires et de l'orientation de leur activité métabolique. Il ya des nombreux facteurs interviennent dans la tendreté de la viande tel que : des facteurs liés a l'animale (génotype, âge, sexe), des facteurs maitrisés par l'homme (alimentation, cuisson ...), aussi des facteurs physico-chimiques et biologiques (pH, température, collagène....). Tout ces facteurs interagissent entre eux pour déterminer la variabilité de la tendreté des viandes d'un animale à l'autre.

Mots clés: Viande, qualité organoleptiques, tendreté, facteurs, variabilité.

Literature review of the Factors intervene in the tenderness of the meat

Abstract: Because of its richness in biologic composition, the meat as got a great alimentary importance in human life. The consumers of meat are attracted by the organoleptic qualities, among them, the tenderness which changes with the evolution of meat from the slaughtering to the consumptions. These qualities require the presence of different components in the muscles such as: types of fibres, intramuscular adipocele and the orientation of their metabolic activities. There are numerous factors intervene in the tenderness of the meat such as: factors related to the animal (genotype, age, sex), man-made factors (nutrition, temperature, cooking) and physico-chemical factors (PH, collagen, temperature....) All of these factors interact with each other to determine the tender variability of meats from an animal to another.

Key words: Meat, organoleptic qualities, tenderness, factors, variability.

