



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique  
جامعة زيان عاشور-الجلفة  
Université Ziane Achour -Djelfa  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
قسم العلوم الفلاحية و البيطرية  
Département des Sciences Agronomiques et Vétérinaires



## Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Alimentaires  
Spécialité: Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Thème:

# Synthèse bibliographique sur les paramètres de variation de la qualité organoleptique des viandes rouges

Présenté par : BELLIH Khadidja & BENLAHRECH Fatma Aicha Widad

Soutenu devant le jury :

Dr Abdelkader BENSID	MCA	Université de Djelfa	Président
Dr Abbas LAOUN	MCA	Université de Djelfa	Promoteur
Dr Rebiha BOUHAROU	MAA	Université de Djelfa	Examinatrice
Dr Ali BOUMEHRES	MAA	Université de Djelfa	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين

وأفضل الصلاة وأتم التسليم على سيدنا محمد وعل آله وصحبه أجمعين

اللهم أخرجنا من ظلمات الوهم، وأكرمنا بنور الفهم، وافتح علينا بمعرفة العلم، وسهل أخلاقنا بالحلم، واجعلنا ممن

يستمعون القول فيتبعون أحسنه.

## Remerciement

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la puissance pour achever ce travail. Un grand merci à nos parents, pour leurs amour, leurs conseils ainsi que leurs soutien incondtionnel.

La réalisation de ce mémoire n'a été possible que grâce à la collaboration d'un certain nombre de personne en particulier notre encadreur Mr A.LAOUN pour sa patience, son soutien moral, sa rigueur, et sa disponibilité durant la période de la préparation de ce travail.

Nous exprimons toute notre gratitude aux membres du jury pour le grand honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail.

Nous réservons une pensée spéciale à tous nos enseignants de la QPSA en particulier et de la faculté des sciences de la nature et de la vie en générale qui ont su nous donner une formation didactique et appréciable durant notre cursus.

Nous ne terminerons pas sans adresser nos vifs remerciements à toutes les personnes qu'ont œuvre de loin ou de prés à la réalisation de ce document.

## ملخص

يعد تقييم جودة اللحوم الحسية مسألة مهمة للقطاع، خاصة وأن المستهلك بدأ يميل إلى تفضيل أكل كميات أصغر ولكن ذات جودة عالية. تتكون العناصر المحددة لهذه الجودة من اللون والطراوة والنكهة والعصارة. في هذا السياق أظهرت العديد من الدراسات أن للعضلات خصائص تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على جودة اللحوم. تتعلق هذه المعرفة بالعلاقات بين الخصائص الهيكلية والتركيبية للعضلات وكذلك جودة مشتقات اللحوم، لذلك إن هذه البيانات مهمة جداً للتحكم في الجودة الحسية. تهدف هذه الدراسة إلى إثبات أهمية العوامل الداخلية والخارجية، مثل العمر والجنس والحالة الهرمونية وطريقة التربية والنظام الغذائي بالإضافة إلى عملية التحويل والتسويق والطهي.

**الكلمات المفتاحية:** الجودة الحسية، اللحوم الحمراء، اللون، الطراوة، النكهة، العصارة.

## Résumé

L'évaluation de la qualité organoleptique de la viande est un enjeu important pour la filière, surtout que la consommation tend à évoluer vers des quantités moins élevées mais de meilleure qualité. Parmi les facteurs déterminant on distingue la couleur, la tendreté, la flaveur et la jutosité. Dans ce contexte, plusieurs études ont montré que les muscles ont des caractéristiques qui influencent directement ou indirectement sa qualité. Ces connaissances concernent les relations entre les caractéristiques de structure et de composition des muscles ainsi que la qualité des produits carnés, donc des données importantes pour maîtriser la qualité organoleptique. Cette synthèse bibliographique vise à établir l'importance des facteurs intrinsèques et extrinsèques, comme l'âge, le sexe et le statut hormonal, le mode d'élevage et l'alimentation en plus du processus de transformation, de commercialisation et de cuisson.

**Mots-clés :** qualité organoleptique, viande rouge, couleur, flaveur, jutosité, tendreté.

## Abstract

Evaluating the organoleptic quality of meat is an important issue for the sector, especially as consumption tends to evolve towards smaller quantities but of better quality. Among the determining factors are colour, tenderness, flavour and succulence. In this context, several studies have shown that muscles have characteristics that directly or indirectly influence its quality. This knowledge concerns the relations between the structural and compositional characteristics of muscles as well as the quality of meat products, thus an important data for controlling organoleptic quality. This review aims to establish the importance of intrinsic and extrinsic factors, such as age, sex and hormonal status, breeding method and diet in addition to the process of treating, marketing and cooking.

**Key words:** organoleptic quality, red meat, colour, flavour, succulence, tenderness.

# Sommaire

<b>Remerciement</b>	<b>III</b>
<b>Résumé</b>	<b>IV</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>VIII</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>IX</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I. Généralités sur les viandes</b>	<b>2</b>
1. Définitions	2
1.1. Le muscle	2
1.2. La viande	2
1.3. La qualité	2
1.4. L'analyse sensorielle	3
2. Types des muscles et des viandes	3
2.1. Types des muscles	3
2.1.1. Les muscles striés squelettiques (MSS)	3
2.1.2. Les muscles lisses	4
2.1.3. Le muscle cardiaque (myocarde)	4
2.2. Types des viandes	4
2.2.1. La couleur	4
2.2.2. Le groupe zoologique	4
2.2.3. Les parties consommables	4
2.3. Sous types des viandes	5
2.3.1. Les types de morceaux	5
2.3.2. Classement en fonction de l'âge	7
2.3.3. Classement en fonction de la qualité	9
3. Qualité des viandes	11
3.1. La qualité organoleptique	12
3.1.1. Couleur	12
3.1.2. Flaveur	12
3.1.3. Jutosité	12
3.1.4. Tendreté	12
3.2. La qualité diététique	12
3.2.1. Apport en protéines	13
3.2.2. Apport en lipides	13
3.2.3. Apport en glucides	13
3.2.4. Apports en minéraux	13
3.2.5. Apports en vitamines	13
3.3. La qualité technologique	14
3.3.1. La capacité de rétention d'eau	14
3.3.2. Le pH	14
3.4. La qualité hygiénique	15
3.4.1. Contamination ante mortem	15
3.4.2. Contamination post mortem	15

4. Méthodes de mesure des qualités organoleptiques.	16
4.1. Evaluation sensorielle	16
4.1.1. Le jury d'analyse sensorielle	16
4.1.2. Les conditions de déroulement de l'analyse sensorielle	16
4.1.3. Les méthodes d'analyse sensorielle	16
4.2. Evaluation instrumentale	17
4.2.1. Les appareils de mesure de la tendreté	17
<b>Chapitre II. Compositions chimiques et diététiques des viandes rouges</b>	<b>20</b>
1. Présentation	20
2. Composition et structure des muscles	20
3. Transformation du muscle en viande	22
4. Composition des viandes rouges après cuisson	23
4.1. Effets de la cuisson sur la composition nutritionnelle des viandes	23
4.1.1. Les pertes en jus	24
4.1.2. Les températures atteintes de la viande lors de la cuisson	24
4.2. La valeurs nutritionnelle des viandes rouges cuites	25
4.2.1. Protéines et acides aminés	25
4.3. Teneurs en lipides	25
4.4. Teneurs en zinc et en sélénium	26
4.4.1. Sources de vitamines du groupe B	26
4.5. Teneurs en fer	26
5. Composantes de la qualité organoleptique	28
5.1. Les composantes de la couleur	28
5.1.1. Composante structurelle	29
5.1.2. Composante quantitative	29
5.1.3. Composante qualitative	29
5.1.4. Composante bactériologique	30
5.2. Les composantes de la tendreté	30
5.2.1. Le tissu conjonctif	30
5.2.2. Les fibres musculaires	31
5.3. Les composantes de la flaveur	31
5.4. Les composantes de la jutosité	32
5.4.1. La jutosité initiale	32
5.4.2. La jutosité finale	32
<b>Chapitre III.</b>	
<b>Paramètres de variation de la qualité physico-chimique et organoleptique</b>	
<b>Chapitre III. Paramètres de variation de la qualité physico-chimique et organoleptique</b>	<b>33</b>
1. Présentation	33
2. Les facteurs de variation de la couleur	33
2.1. Les facteurs de variation des viandes à coupe sombre	33
2.2. Les facteurs de variation de la pigmentation de la viande	34
2.2.1. Le muscle	34
2.2.2. La maturité physiologique	34
2.3. Les facteurs de variation de la stabilité de la couleur	35
2.3.1. La durée de conservation	35
2.3.2. La température de conservation	35
2.3.3. La pression partielle en oxygène au contact de la viande	35
2.3.4. Le statut microbiologique initial de la viande	37

2.3.5. L'individu	37
2.3.6. Le muscle	37
2.3.7. L'alimentation	38
3. Les facteurs de variation de la tendreté	39
3.1. Le muscle, le travail de la viande et de la cuisson	39
3.2. La réfrigération des carcasses	40
3.3. Le mode de suspension des carcasses	41
3.4. La maturation des viandes	42
3.5. L'alimentation	43
3.5.1. Effet du niveau alimentaire en phase de finition	43
3.5.2. Effet de la croissance compensatrice	44
3.6. Les catégories d'animaux	44
4. Les facteurs de variation de la flaveur	44
4.1. Le muscle et l'individu	45
4.2. L'âge, le sexe, le type et la race	45
4.3. L'alimentation	46
4.4. La maturation et la conservation	46
4.5. La cuisson	47
5. Les facteurs de variation de la jutosité	48
5.1. L'état d'engraissement	48
5.2. Le parage	48
5.3. La cuisson	48
<b>Chapitre IV. Les viandes dans l'alimentation humaine</b>	<b>50</b>
1. Présentation	50
2. Apports nutritionnels conseillés	50
2.1. Apports en protéines	50
2.2. Apports en lipides	51
2.3. Apports en vitamines	51
2.4. Apports en Fer	51
2.5. Apports en Zinc	51
2.6. Apports en Sélénium	51
3. Incidences sur les maladies chroniques	52
3.1. Maladie cardiovasculaire	53
3.1.1. Accident vasculaire cérébral	53
3.1.2. Maladie coronarienne	54
3.1.3. Insuffisance cardiaque	54
3.2. Diabète de type 2	54
3.3. Cancer	55
3.4. Santé mentale	56
4. Risques sanitaires microbiologiques et chimiques	57
4.1. Contaminations biologiques	59
4.2. Contaminations chimiques	59
<b>CONCLUSION</b>	<b>60</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>61</b>

## Liste des abréviations

<b>AFNOR</b>	Association française de normalisation
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la santé
<b>FAO</b>	L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
<b>INRA</b>	Institut national de la recherche agronomique

## Liste des figures

Figure 1: Catégories anatomiques de la carcasse ovine .....	6
Figure 2: Catégories anatomiques de la carcasse bovine .....	7
Figure 3: Les catégories de classes selon le S-EUROP .....	9
Figure 4: Le système australien MSA.....	11
Figure 5: La cellule de Warner-Bratzler et de compression .....	18
Figure 6: Le nuancier .....	19
Figure 7: Le chromamètre.....	19
Figure 8: Composition du tissu du muscle squelettique.....	21
Figure 9: Organisation du muscle squelettique .....	22
Figure 10: Résumé des principaux processus de pertes en eau et en nutriments au cours de la cuisson des viandes .....	25
Figure 11: Les composantes de la couleur .....	28
Figure 12: Les différentes formes chimiques de la myoglobine.....	30
Figure 13: Effet de la cuisson sur la perte en eau .....	32
Figure 14: Effet de l'âge sur la teneur en myoglobine de différents muscles de taurillons Limousins.....	34
Figure 15: Mécanisme d'apparition du bordage de la viande .....	36
Figure 16: Sensibilité de différents muscles au phénomène de bordage .....	36
Figure 17: La réfrigération des carcasses est un compromis en tendreté et qualité microbiologique .....	40
Figure 18: L'étirement d'une partie de l'arrière, principe de la suspension pelvienne, fait prendre à la carcasse une position proche de celle qu'elle avait du vivant de l'animal .....	41
Figure 19: Evolution de la tendreté de la viande sous l'effet de la maturation .....	43
Figure 20: Schéma des dépôts de gras en fonction de l'âge de l'animal .....	45
Figure 21: Risques associés à la consommation de viande rouge non transformée ou transformée et l'incidence de diabète de type 2 et de maladies cardiovasculaires .....	55
Figure 22: Risques associés à la consommation de viande rouge non transformée ou transformée et l'incidence de différents types de cancer .....	56
Figure 23: Chronologie des crises sanitaires, scandales alimentaires, événements scientifiques et politiques marquants depuis vingt-cinq ans .....	58
Figure 24: Les voies de contaminations microbiologiques et chimiques des aliments d'origine animale.....	58

## Liste des tableaux

Tableau I: Caractéristiques des principaux types de fibres musculaires .....	5
Tableau II: Différentes catégories des viandes ovines .....	7
Tableau III: Noms de catégories carcasse par âge .....	8
Tableau IV: Classement selon conformation .....	9
Tableau V: Classement selon l'état d'engraissement .....	10
Tableau VI: Classement selon la couleur .....	10
Tableau VII: La valeur moyenne nutritionnelle des viandes rouges cuites .....	21
Tableau VIII: Les valeurs nutritionnelles des viandes rouges .....	27
Tableau IX: Principaux paramètres agissant sur la couleur de la viande .....	28
Tableau X: Effets comparés de la suspension par le tendon d'Achille et de la suspension pelvienne .....	42
Tableau XI: Influence de la température et la durée de la cuisson sur la flaveur.....	47
Tableau XII: Apports Journaliers Recommandés de viande rouge pour différents nutriments essentiels .....	52

# INTRODUCTION

La qualité de la viande est une notion extrêmement variable et évolutive, depuis l'animal vivant jusqu'au produit fini. En gastronomie, la viande est classée rouge lorsqu'elle apparaît sous plusieurs nuances de rouge à l'état crue sans se transformer en couleur pâle une fois cuite, par contre la viande blanche est de couleur pâle soit crue soit cuite. D'un point de vue physiologique, la viande rouge est définie comme la viande qui contient plus de myoglobine qu'une viande blanche. Une profonde disparité apparaît entre la définition de la qualité établie par le consommateur et celle des scientifiques (**MERCK, 2016**).

L'objectif de cette recherche bibliographique est de faire une synthèse des écrits scientifiques qui ont la vocation de démontrer la relation entre l'ensemble des aspects qualitatives des viandes de boucherie des principales espèces animales de rente couramment utilisées comme denrée alimentaire d'origine animale à savoir les viandes ovines, caprines, bovines et camelines.

Dans ce but, le premier chapitre de cette synthèse aborde quelques généralités sur les viandes, les types des muscles et viandes ainsi que les différentes qualités recherchées particulièrement les qualités organoleptiques et leurs méthodes d'évaluation.

Le deuxième chapitre indique la composition et la structure du muscle et la valeurs nutritionnelle des viandes rouges cuites et les effets de la cuisson sur cette composition nutritionnelle sans oublier les composantes responsables de la qualité organoleptique.

Le troisième chapitre souligne les différents paramètres permettant d'influencer les qualités organoleptiques de cette viande, de l'animal vivant, jusqu'à la cuisson, en passant par les interventions zootechniques comme l'alimentation et le mode d'élevage et bien sûr les différentes phases d'abattage.

Enfin, le dernier chapitre parle des apports nutritionnels conseillés de la viande et l'incidence de la consommation des viandes rouges particulièrement les viandes transformées qui peuvent augmenter le risque de plusieurs maladies chroniques à savoir les maladies cardiovasculaires, le diabète de type 2 et le cancer; sans oublier de figurer l'effet néfaste des contaminants chimiques et biologiques sur la santé des consommateurs et même l'animal dans son vivant.

# **CHAPITRE I.**

---

## **Généralités sur les viandes**

---

# Chapitre I. Généralités sur les viandes

## 1. Définitions

### 1.1. Le muscle

Le muscle est un appareil locomoteur producteurs de force et de mouvement, qui se caractérisent par leur pouvoir de contraction, sont à première vue des organes «élémentaires», producteurs de force et de mouvement, il a une structure anatomique faite de cellules spécialisées regroupées en faisceaux (**EL RAMMOUZ, 2005**). Les espèces animales de rente ont une masse musculaire qui représente 35 à 60% de leur poids vif. Cette masse musculaire est composée de plus de 600 muscles dont environ 570 sont des muscles striés squelettiques (**LISTRAT et al., 2015**).

### 1.2. La viande

La viande, du latin vivanda, ce qui sert à la vie (**LAROUSSE, s. d.**), est la totalité du tissu musculaire strié squelettique, on inclut des mammifères des oiseaux et quelquefois des poissons. La viande est le tissu musculaire strié et les tissus conjonctifs (**HUTU, 2020**), et comporte aussi d'autres tissus en quantités très variables selon les espèces, les races, l'âge, les régimes alimentaires, la région anatomique concernée (**SMILI, 2014**). La production de viande se réfère à l'animal en vif, dès l'élevage jusqu' à l'abattage (**HUTU, 2020**).

### 1.3. La qualité

Le mot qualité vient de l'adjectif qualis qui veut dire « tel », ainsi la qualité se traduit littéralement par « l'état de ce qui est comme ça » (**LEVERVE, 2010**).

La définition de la qualité selon l'ISO : « Ensemble des propriétés et des caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites ».

Selon l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (2004), la notion de qualité a reçu diverses définitions qui se réfèrent à différentes grilles de lecture. Deux notions sous-entendent l'usage du mot (qualité),

- ◆ l'énoncé des caractéristiques qui font qu'une chose est ce qu'elle est par rapport à la finalité de son utilisation;

- ◆ un niveau d'excellence, une forme de distinction par rapport aux choses similaires.

En matière d'aliments, la qualité est d'abord absence de défauts et de falsification. Puis, elle repose sur des propriétés attendues telles que des caractéristiques organoleptiques ou nutritionnelles ».

La qualité de la viande est le résultat d'un effort continu dans toute la filière. Les qualités, notamment organoleptiques, résultent de toutes les étapes allant des conditions d'élevage, le transport jusqu'à l'abattage. Il faut tenir compte du comportement des animaux pour éviter les blessures, le stress et les agressions entre animaux, car une fois l'animal est stressé, la viande perd surtout sa qualité organoleptique. Il faut ajouter que le boucher et même le consommateur intervient sur la qualité en fonction de la conservation et de la cuisson de la viande (COIBION, 2008).

#### **1.4. L'analyse sensorielle**

Selon la définition de l'ISO 5492, l'analyse sensorielle est l'examen des propriétés d'un produit par les organes sensoriels. C'est une méthode subjective d'analyse des aliments, utilisant l'être humain comme instrument de mesure pour caractériser et évaluer des produits. Pour la viande, les qualités organoleptiques les plus souvent étudiées avec cette technique sont l'aspect, l'arôme, la saveur, la jutosité et la tendreté (DENOYELLE et LECLERC, 2012).

## **2. Types des muscles et des viandes**

### **2.1. Types des muscles**

Il existe trois principaux types de muscle à savoir les muscles striés, les muscles lisses et le muscle cardiaque (LISTRAT et al., 2015 ; MARTANI, 2016 ; TOUATI, 2017).

#### **2.1.1. Les muscles striés squelettiques (MSS)**

S'insèrent sur le squelette osseux par des tendons et permettent la conversion d'énergie chimique en énergie mécanique. Ces muscles peuvent se contracter volontairement et rapidement mais se fatiguent facilement (LISTRAT et al., 2015 ; MARTANI, 2016 ; TOUATI, 2017).

### **2.1.2. Les muscles lisses**

Avec des fonctions différentes que les muscles striés, mais axées sur le maintien des structures et de l'élasticité. Ces muscles se localisent dans les parois des organes viscéraux (estomac, vessie, utérus), les voies respiratoires et les vaisseaux sanguins. Leur principale caractéristique la contraction involontaire continue sans fatigue (**MARTANI, 2016 ; TOUATI, 2017**).

### **2.1.3. Le muscle cardiaque (myocarde)**

Le muscle spécifique du principal organe vital de l'organisme qui est le cœur qui assure la circulation du sang et l'apport continu des nutriments et de l'oxygène aux tissus suite à ces mouvements de contraction involontaire à un rythme relativement constant (**MARTANI, 2016 ; TOUATI, 2017**).

## **2.2. Types des viandes**

La classification générale des viandes est diverse et peut être basée sur l'aspect (couleur), l'origine (groupe zoologique) et les parties consommables (**AGRONOMIE INFO, s. d.**):

### **2.2.1. La couleur**

Pour le langage culinaire, on entend souvent parler de trois types de viandes :

- ◆ Viande rouge : animaux adultes de boucherie ;
- ◆ Viande blanche : animaux jeunes et volailles ;
- ◆ Viande noire : gibier de chasse (non saigné).

### **2.2.2. Le groupe zoologique**

Les professionnels des filières d'élevage ne raisonnent pas non plus en termes de « viande rouge ou blanche » mais classent les produits en fonction du type d'animal :

- ◆ Viande de boucherie (bœuf, mouton, cheval, veau, chameau...);
- ◆ Volailles (d'élevage industriel ou de basse-cour) ;
- ◆ Gibier de chasse (animaux sauvages).

### **2.2.3. Les parties consommables**

- ◆ Chaire musculaire (muscles striés, longs et plats) ;
- ◆ Abats (muscles lisses) ;

- ◆ Produits de charcuterie.

## 2.3. Sous types des viandes

Des sous-catégories existent ensuite, en fonction de l'âge de l'animal, du type de morceau et de la qualité de la viande :

### 2.3.1. Les types de morceaux

C'est la position anatomique d'une partie donnée de la carcasse. Elle est rendu compte de la diversité des teneurs en os, muscles, tendons, aponévroses, tissus adipeux, ...etc, des différentes régions du corps de l'animal. Les catégories sont en rapport avec l'emplacement anatomique des morceaux, qui, suivant la localisation, vont présenter des caractéristiques qui conditionneront le prix et l'utilisation culinaire. Chaque muscle présente une pigmentation en fonction de son rôle dans l'organisme, de sa composition en fibres et de la répartition spaciales des différentes fibres (MOËVI, 2006).

Il y a donc des fibres rouges à contraction lente ( $\beta R$ ) ou des fibres rouges à contraction rapide ( $\alpha R$ ) et enfin des fibres blanches à contraction rapide ( $\alpha W$ )(tableau n°I). Les fibres rouges dominent dans les muscles de l'équilibration, qui nécessitent une activité prolongée tandis que les fibres blanches dominent dans les muscles d'action qui effectuent des mouvements courts et brutaux, tels certains muscles de la queue, par exemple.

**Tableau I:** Caractéristiques des principaux types de fibres musculaires (MOËVI, 2006).

Classification	$\beta R$	$\alpha R$	$\alpha W$
<b>Couleur</b>	Rouge		Blanche
<b>Teneur en myoglobine</b>	Forte		Faible
<b>Vascularisation</b>	Importante		Faible
<b>Teneur en lipides</b>	Forte		Faible
<b>Aire de section</b>	Petite		
<b>Résistance à la fatigue</b>	Forte		Faible
<b>Vitesse de contraction</b>	Lente	Rapide	
<b>Teneur en glycogène</b>	Faible	Forte	
<b>Métabolisme énergétique</b>	Oxydatif	Oxydo-glycolytique	Glycolytique

D'une façon générale les morceaux de viande se classent en trois catégories (**AGRONOMIE INFO, s. d.**) :

◆ **Morceaux de 1<sup>ère</sup> catégorie**

Cette catégorie regroupe les gros muscles à séparation facile des os, pauvres en tissu conjonctif et qui ont peu travaillé. Sur l'animal, partie lombaire et sacrée de l'arrière-train comme le filet, le rumsteak, le faux-filet pour le bœuf (figure n°2), la noix pour le veau, le gigot pour le mouton (figure n°1, tableau n°II). Ces morceaux sont tendres à la grillade ou à la rôtisserie vue leur cuisson rapide.

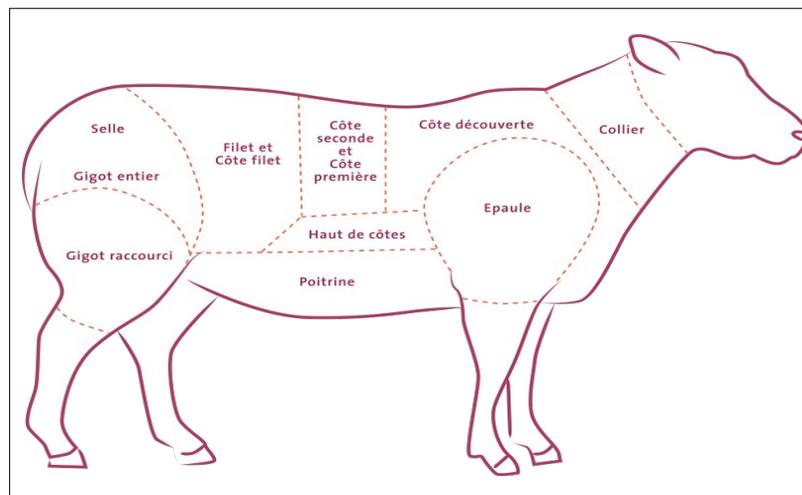
◆ **Morceaux de 2<sup>ème</sup> catégorie**

Cette catégorie englobe les muscles les plus petits à séparation difficile des os, plus riches que les précédents en tissu conjonctif ainsi plus riches en tendons et en aponévroses. Ces morceaux ont une cuisson plus longue et se retrouvent dans l'épaule et les hauts des côtes du veau.

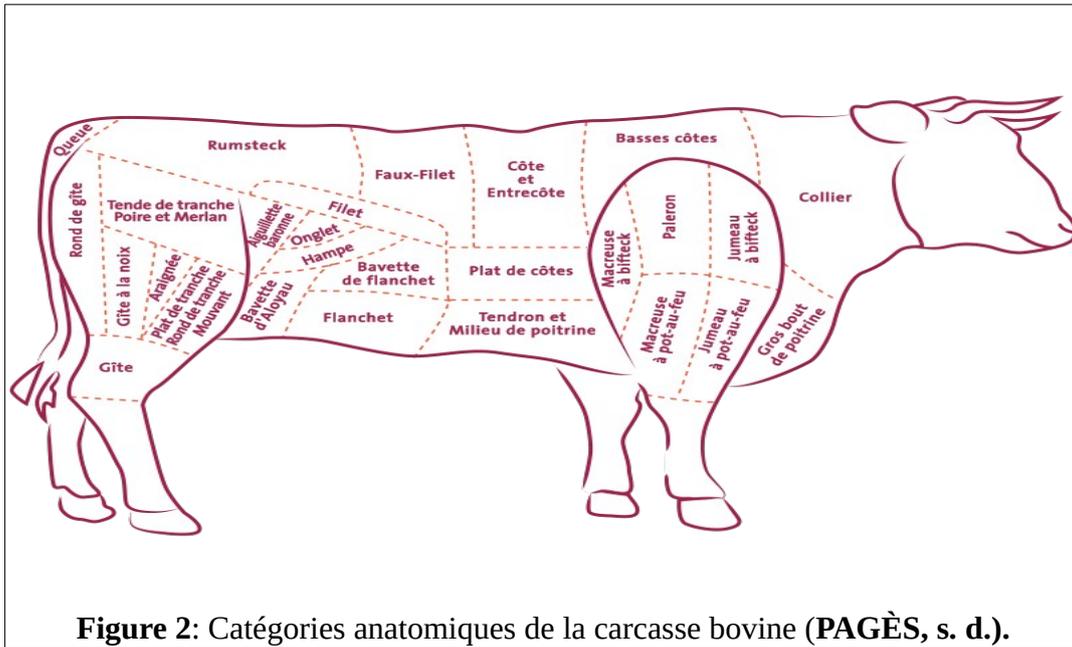
◆ **Morceaux de 3<sup>ème</sup> catégorie**

Cette catégorie regroupe les muscles qui ont beaucoup travaillé, riches en tissu conjonctif et en os surtout dans les parties basses de l'animal comme le cou (collier-collet) et la poitrine. Ces morceaux nécessitent une longue cuisson en sauce ou à l'eau.

Le prix de la viande varie en fonction de la catégorie. Ainsi, une viande de catégorie 1 est considérée comme noble et ainsi plus chère par rapport à la catégorie 2 ou la catégorie 3. Cependant, il ne faut pas considérer ces derniers comme des bas morceaux car ils permettent d'excellentes préparations culinaires.



**Figure 1:** Catégories anatomiques de la carcasse ovine (**PAGÈS, s. d.**).



**Figure 2:** Catégories anatomiques de la carcasse bovine (PAGÈS, s. d.).

**Tableau II:** Différentes catégories des viandes ovines (AGRONOMIE INFO, s. d.).

Classe	Catégorie		
	1 <sup>ère</sup> catégorie	2 <sup>ème</sup> catégorie	3 <sup>ème</sup> catégorie
<b>Mouton adulte</b>	Côte première et seconde Côte filet et filet Selles Gigot, raccourci gigot	Carré et côte découverte Epaule	Collier Haut de côte Poitrine
<b>Agneau</b>	Côtelettes Filet Selles Gigot	Epaule	Poitrine Collier Haut de côte

### 2.3.2. Classement en fonction de l'âge

En principe, la plupart des femelles sont gardées dans l'élevage pour produire du lait et le renouvellement du troupeau en remplacement des femelles de réformes, vieillissantes et moins productives (qui sont envoyées à l'abattoir). Les mâles sont destinés à la production de viande. Ils sont le plus souvent vendus dans des ateliers d'engraissement puis envoyés à

l'abattoir (MINISTÈRE FRANÇAISE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, 2019).

D'une façon générale chaque animal reçu et abattu à l'abattoir est trié selon son espèce et son âge (tableau n°III).

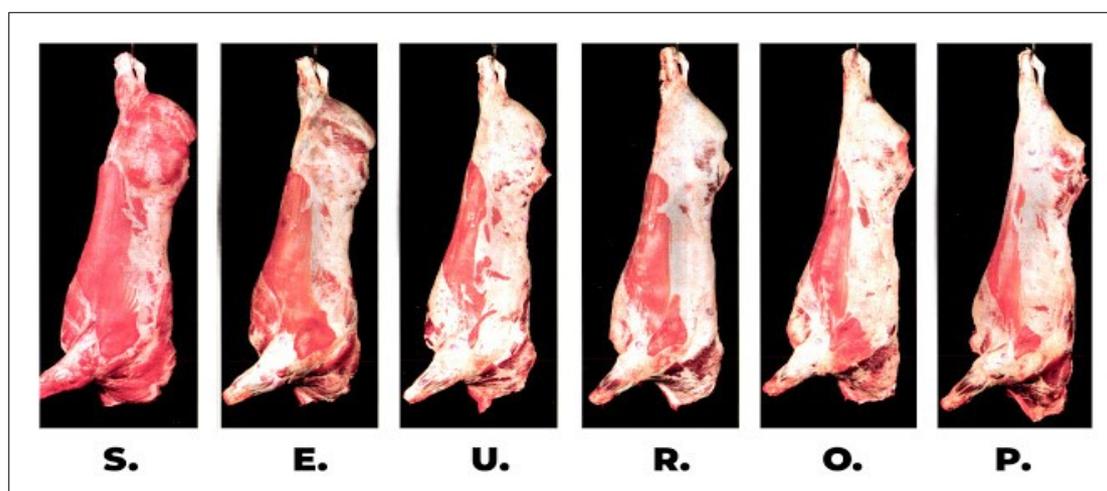
**Tableau III:** Noms de catégories carcasse par âge (ITELV, 2019 ; PAGÈS, s. d.).

Bovin		Caprin		Ovin		Equin	
<b>Veau</b>	Bovin mâle ou femelle de la naissance jusqu'à 8 mois	<b>Jeune chevreau et chevrette</b>	Mâle ou femelle entre 6 et 9 mois	<b>Agneau et agnelle</b>	Mâle ou femelle de moins de 12 mois.	<b>Poulain</b>	Mâle ou femelle de moins de 12 mois
<b>Génisse</b>	Bovin femelle âgé de 12 mois et plus qui n'a pas vêlé.	<b>Chevreaux et chevrette</b>	Mâle ou femelle entre 9 et 12 mois	<b>Antenais(e)</b>	Agneau ou agnelle né(e) de l'année précédente et encore inapte à la reproduction	<b>Pouliche</b>	Femelle n'ayant pas encore pouliné
<b>Taurillon</b>	Jeune bovin mâle non castré d'un âge compris entre 12 et 24 mois	<b>Bouc</b>	Mâle adulte	<b>Bélier</b>	Mâle de plus de 12 mois.	<b>Etalon</b>	Mâle destiné à la reproduction
<b>Bœuf</b>	Mâle adulte castré âgé de 12 mois et plus						
<b>Taureau</b>	Mâle adulte non castré âgé de plus de 24 mois						
<b>Vache</b>	Femelle ayant vêlé	<b>Chèvre</b>	Femelle ayant vêlé	<b>Brebis</b>	Femelle de plus de 12 mois	<b>Jument</b>	Femelle destinée à la reproduction

### 2.3.3. Classement en fonction de la qualité

#### 2.3.3.1. Le classement S-EUROP

Le classement S-EUROP des viandes de boucherie (gros bovins, veau et agneau) est utilisé par les professionnels de la viande pour établir le niveau de qualité d'une carcasse (figure n°3). Il est obligatoire pour toutes les carcasses et doit être marqué sur la bête dès l'abattoir et indiqué sur l'étiquette de traçabilité (U.E., 1994 ; FRANCE.AGRIMER, 2010).



**Figure 3:** Les catégories de classes selon le S-EUROP (U.E., 1994 ; FRANCE.AGRIMER, 2010).

Le classement S-EUROP des carcasses de viandes de boucherie se base sur 3 critères principaux :

- ◆ **La conformation** : ce critère classe la musculature de l'animal selon une grille à 5 niveaux (représenté par une lettre) de réduite à massive (tableau n°IV).

**Tableau IV:** Classement selon conformation (LAMBERT, 2020).

Code	Classement	Description
S	Supérieure	Musculature exceptionnelle
E	Excellente	Musculature massive et compacte dans toutes les parties de l'animal.
U	Très bonne	Musculature massive et compacte dans la majorité des parties de l'animal.
R	Bonne	Musculature épaisse.
O	Assez bonne	Musculature moyenne
P	Passable	Musculature réduite

- ◆ **L'engraissement** : ce classement se base sur une grille de 5 niveaux de très maigre à très grasse. Le critère correspond à la quantité de graisse visible à l'extérieur et à l'intérieur de la carcasse (tableau n°V).

**Tableau V:** Classement selon l'état d'engraissement (LAMBERT, 2020).

Code	Classement	Description
1	Maigre	Aucune trace de graisse, les muscles sont tous parfaitement visibles.
2	Peu couvert	Les graisses de couverture sont insuffisantes, les muscles sont pratiquement tous visibles.
3	Couvert	Fine couche de graisse enrobant l'ensemble des muscles.
4	Gras	Les graisses de couverture sont légèrement excédentaires. Elles enrobent l'ensemble des muscles.
5	Très gras	Les graisses de couverture sont nettement excédentaires.

- ◆ **La couleur** : ce classement n'est utilisé que pour la viande de veau. Elle est classée selon une grille à 4 niveaux (tableau n°VI).

**Tableau VI:** Classement selon la couleur (LAMBERT, 2020).

Code	Classement	Description
1	Blanc	La viande est à peine teintée, pratiquement blanche.
2	Rosé clair	La viande présente une couleur rose pâle.
3	Rosé foncé	La viande est de couleur rose foncé.
4	Rouge	La viande est d'une couleur tendant clairement vers le rouge, proche de la viande de boeuf.

### 2.3.3.2. Le classement MSA

En Australie, les chercheurs et les professionnels de la filière viande bovine ont mis au point le classement Meat Standards Australia (MSA) qui est un modèle mathématique permettant de prévoir la qualité de la viande à partir de facteurs d'amont et d'aval pour chaque combinaison « muscle x mode de cuisson » et à partir d'une douzaine de paramètres (âge et poids des animaux, type génétique, pH et couleur de la viande, mode de suspension

des carcasses, degré de persillé du muscle, et aussi durée de maturation et méthode de cuisson...). Le principe de base de cette méthodologie repose sur l'appréciation de la qualité sensorielle par des consommateurs non entraînés et non pas par des jurys d'experts (figure n°4) (LEGRAND et al., 2019 ; CASSIGNOL, 2018).

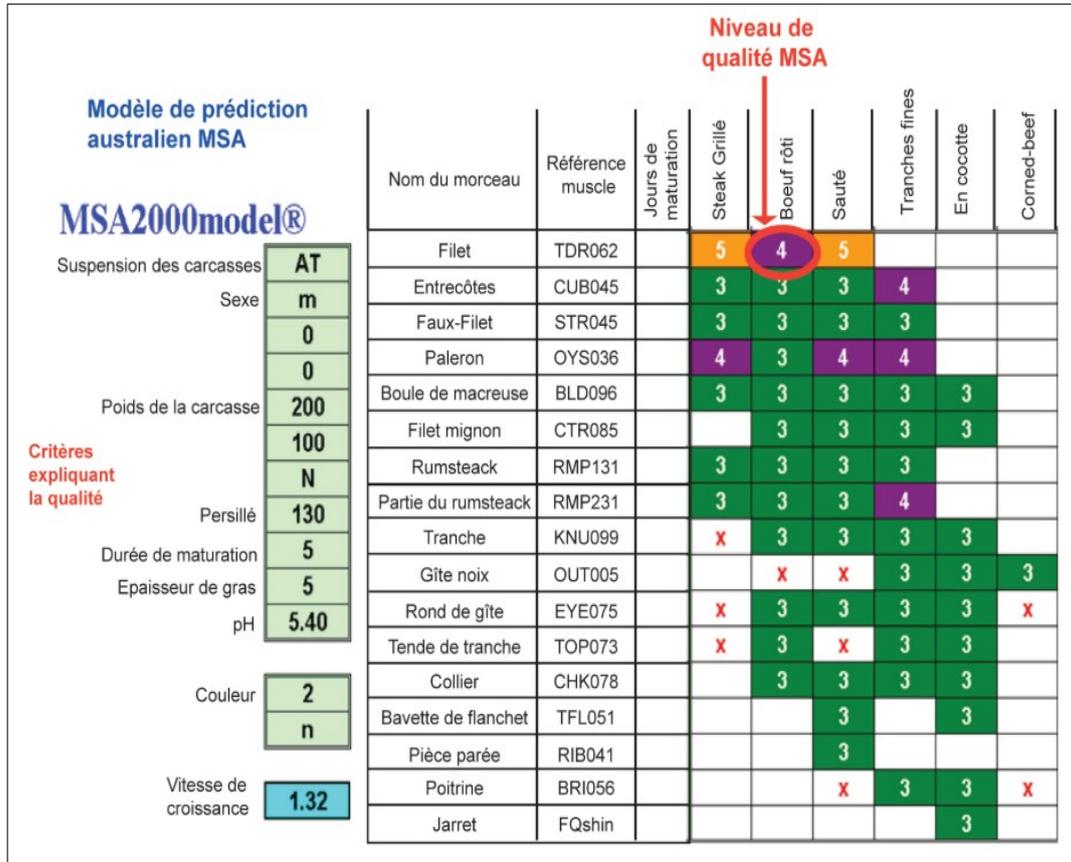


Figure 4: Le système australien MSA (LEGRAND et al., 2019).

### 3. Qualité des viandes

La qualité d'une viande dépend avant tout de la nature des besoins qu'elle vise à satisfaire. Certains critères de qualité des viandes sont subjectifs (image, valeur sociale,...), et certains critères sont objectifs, qui sont : la qualité organoleptique ou sensorielle, la qualité nutritionnelle ou diététique, la qualité technologique, la qualité hygiénique. Les critères de qualité ont varié au cours du temps, en fonction du progrès des connaissances et de l'évolution pressentie de la demande (BONNEAU et al., 1996 ; SALIFOU et al., 2013).

### **3.1. La qualité organoleptique**

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

#### **3.1.1. Couleur**

La couleur de la viande est le premier caractère recherché par le consommateur, qui lui donne une impression sur la qualité de cette viande. La couleur dépend surtout de la quantité de pigment (myoglobine) et du degré d'acidité de la viande, mesuré par le pH (**CIV, 2006**).

#### **3.1.2. Flaveur**

La flaveur de la viande correspond à l'ensemble des impressions olfactives et gustatives éprouvées au moment de la consommation. Les mécanismes biologiques à l'origine de la flaveur sont complexes essentiellement issus de la combinaison de la composition chimique de la viande et du traitement avant consommation (**COIBION, 2008 ; SMILI, 2014**).

#### **3.1.3. Jutosité**

La jutosité, appelée aussi succulence, elle caractérise la faculté d'exsudation de la viande au moment de la dégustation. Elle dépend de la teneur en eau qui varie inversement à la teneur en gras et en fonction du pH de la viande (**COIBION, 2008 ; SMILI, 2014**).

#### **3.1.4. Tendreté**

La tendreté est une qualité de première importance pour le consommateur. Elle correspond à la facilité avec laquelle une viande se laisse trancher ou mastiquer, et joue un rôle essentiel dans l'appréciation d'une viande (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

### **3.2. La qualité diététique**

La qualité nutritionnelle est la capacité d'un aliment à répondre aux besoins journaliers des individus, elle est reliée à la présence d'éléments nutritifs essentiels, à leur biodisponibilité et son effet sur la santé du consommateur (**LEVERVE, 2010 ; COLONNA, s. d.**).

La viande est un aliment qui apporte de nombreux nutriments indispensables à une alimentation équilibrée, assimilable par l'organisme humain et nécessaire à l'entretien et à la croissance de l'organisme. De composition proche de celle du corps humain (75% d'eau, 1 à 6 % de graisses, 19 à 25% de protéines et 1 à 2% de glucose dans le muscle (**KEDDAM, 2005**).

### **3.2.1. Apport en protéines**

La viande est une source de protéines d'excellentes qualités (18-22%), parmi lesquelles les protéines myofibrillaires (60%), les protéines sarcoplasmiques (myoglobine, myoglobuline et myoalbumine) qui constituent le jus de la viande et les protéines conjonctives (collagène, élastine) (**HUTU, 2020**). Il s'agit, pour la myosine et la myoalbumine, de protéines d'excellente qualité comportant tous les acides aminés indispensables ce qui confère aux viandes un très bon coefficient d'efficacité protidique(**UNESS, 2010**).

### **3.2.2. Apport en lipides**

La teneur en matières grasses des viandes varie selon l'espèce, l'état d'engraissement de l'animal et le morceau considéré. Elles se trouvent à la surface de la carcasse (graisses de couverture), autour des muscles ou à l'intérieur du muscle (marbré, persillé). Une viande peut contenir 2 à 30 % de graisses constitués principalement d'acides gras saturés et mono-insaturés. Les viandes les plus grasses (10 à 30 %) sont certains morceaux de bœuf ainsi que l'agneau, l'oie et le canard tandis que les viandes les plus maigres (< 10 %) sont le cheval, le lapin, le veau, le poulet et la dinde (sans peau) (**UNESS, 2010**).

### **3.2.3. Apport en glucides**

Cet apport est négligeable, il n'y a pratiquement plus de glycogène dans la viande au stade de sa commercialisation(**UNESS, 2010**).

### **3.2.4. Apports en minéraux**

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

### **3.2.5. Apports en vitamines**

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

### **3.3. La qualité technologique**

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

#### **3.3.1. La capacité de rétention d'eau**

Le pouvoir de rétention en eau de la viande fraîche est la capacité des 20 % de protéines musculaires à retenir les 75 % d'eau présents ; c'est une caractéristique essentielle pour la fabrication de viande cuite. Elle dépend de l'humidité libre (qui constitue plus du 95% du contenu hydrique total du muscle) c'est-à-dire celle non liée chimiquement aux protéines, mais plutôt retenue physiquement par elles, en relation de continuité avec celle liée chimiquement. Une basse capacité de rétention d'eau signifie une plus grande quantité d'eau expulsée pendant la mastication, donc une plus grande jutosité, et elle est corrélée positivement avec la tendreté (BABADJI et ZEBBAR, 2018).

#### **3.3.2. Le pH**

Une chute trop rapide du pH combinée à une température élevée provoque la dénaturation des protéines, conduisant à une réduction du pouvoir de rétention. Cela, entraîne une diminution du rendement de fabrication de viande cuite. Le pH est déterminé à l'abattage (pH0) et après 24 heures (pH24), il est le premier indicateur de la qualité de la viande et nous permet d'évaluer la potentialité du muscle animal à devenir de la bonne viande ; ce paramètre donne même une mesure de l'aptitude à la conservation de tel aliment : en effet des basses valeurs de pH limitent la croissance microbienne et préviennent par conséquent des possibles altérations. Pour avoir une viande de bonne qualité, le pH doit diminuer, après l'abattage, pour l'augmentation dans le muscle de l'acide lactique, provoqué par la glycolyse post mortem du glycogène : cette chute doit être graduelle parce que, si elle fut trop rapide, on vérifierait la dénaturation des protéines et la chute de la capacité de rétention d'eau. Le pH est

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

### **3.4. La qualité hygiénique**

La qualité d'ordre hygiénique concerne la sécurité du consommateur, cette qualité peut être altérée par la prolifération de micro-organismes néfastes, de parasites et/ou la présence de composés toxiques. Ces défauts sont fortement influencés par la cinétique d'évolution post-mortem du pH et l'oxydation des acides gras polyinsaturés. La diminution du pH a un effet bactériostatique, toutefois, le pH aurait moins d'effet sur la croissance microbienne que sur l'orientation des développements microbiens. Un pH ultime élevé favorise le développement de bactéries de putréfaction et freine la capacité de pénétration du sel dans la viande (**COIBION, 2008 ; KHENNOUFA et MAAMIR, 2018**).

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

#### **3.4.1. Contamination ante mortem**

Une grande partie des germes de contamination de la viande proviennent de l'animal, du cuir (peau et poils), des matières fécales, du sol et de l'eau. Ils sont porteurs de micro-organismes variés, en particulier *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Streptocoques fécaux* (**AGRONOMIE INFO, s. d.**).

#### **3.4.2. Contamination post mortem**

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

## **4. Méthodes de mesure des qualités organoleptiques.**

Les chercheurs ont développé les bases de l'analyse et de l'évaluation de la qualité organoleptique de la viande par un jury de dégustateurs experts en utilisant des évaluations sensorielles et instrumentales.

### **4.1. Evaluation sensorielle**

La dégustation représente un outil pour apprécier les qualités organoleptiques d'un aliment. Ainsi, elle représente une méthode subjective d'analyse des aliments que l'on peut mettre à côté des méthodes objectives instrumentales. Les deux approches sont complémentaires car l'analyse de certaines qualités d'un produit est difficilement mesurable par des méthodes instrumentales. Cette analyse sensorielle des aliments ne peut pas être comparée à une dégustation au sens propre du terme. Elle suit des règles bien définies avec l'intervention d'un jury, c'est-à-dire des personnes expérimentées aptes à évaluer les qualités organoleptiques d'un produit (COIBION, 2008).

#### **4.1.1. Le jury d'analyse sensorielle**

Dans le cadre d'un examen des propriétés organoleptiques d'un produit, le jury est formé de juges expérimentés ou qualifiés. Ce dernier apparaît comme un instrument de mesure dont il doit avoir les qualités : sensibilité, exactitude et fidélité. De ce fait, un membre de jury n'est pas pris au hasard, il est au contraire sélectionné et entraîné (COIBION, 2008).

#### **4.1.2. Les conditions de déroulement de l'analyse sensorielle**

La dégustation doit se réaliser dans des conditions parfaites pour garantir la rigueur de l'analyse. Les séances doivent se réaliser dans des locaux adaptés. Ils doivent comprendre une zone de préparation ainsi qu'une zone de dégustation formée de box individuels. Ces derniers doivent permettre l'isolement des juges entre eux ainsi qu'une optimisation des conditions favorables à la sensibilité sensorielle (absence de bruits, d'odeurs parasites, ...) (COIBION, 2008).

#### **4.1.3. Les méthodes d'analyse sensorielle**

Le choix des tests utilisé pour apprécier les qualités organoleptiques d'un aliment dépend du produit testé et du but de cette épreuve.

- ◆ **Les épreuves « quantitatives »** : Ces épreuves permettent de mesurer l'importance ou la force d'une propriété particulière d'un aliment.
- ◆ **Les épreuves discriminatifs « de différenciation »** : Ces essais sont utilisés pour identifier une différence entre deux ou plusieurs produits.
- ◆ **Les épreuves descriptives du profil** : permettant d'être plus précis que les tests discriminatifs en qualifiant les différences éventuelles constatées entre deux produits à l'aide d'une liste de 5 à 20 descripteurs clairement définis. L'analyse descriptive consiste à décomposer et à mesurer la nature et l'intensité d'un produit pour un ensemble de perceptions. On obtient ainsi un « profil » du produit ;
- ◆ **Les épreuves hédonistes** : Ils visent à une évaluation objective du produit basés sur les ressentis des experts, et utilisent généralement les mêmes structures que les épreuves quantitatives.

Ces méthodes sont devenues les méthodes de référence d'appréciation de la qualité sensorielle (tendreté, flaveur, jutosité) (**COIBION, 2008 ; DENOYELLE et LECLERC, 2012**).

## 4.2. Evaluation instrumentale

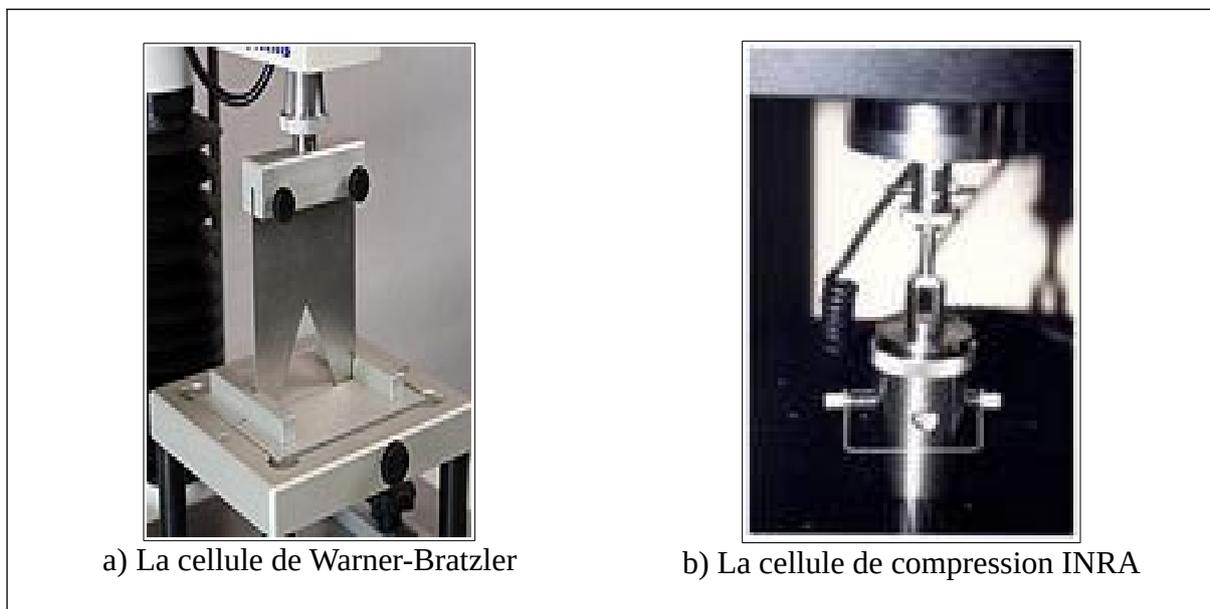
L'analyse sensorielle constitue un outil puissant au service des entreprises et des laboratoires pour étudier les effets de telle ou telle pratique ou matière première, formuler des nouveaux produits, comparer des produits entre eux, tester des process de fabrication, des conditionnements ou encore faire du contrôle qualité. Mais cette technique coûte cher à mettre en place : elle fait appel à des testeurs qui sont rémunérés et ne permet d'analyser qu'un nombre limité d'échantillons à chaque séance. Des méthodes instrumentales de mesure des qualités sensorielles des viandes ont donc été mises au point, à l'usage des industriels de la viande. Elles visent essentiellement à mesurer la tendreté des morceaux ou la couleur de la viande (particulièrement pour la viande de veau) (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**).

### 4.2.1. Les appareils de mesure de la tendreté

- ◆ Les méthodes de mesure physique de la tendreté font appel à des instruments qui tentent de simuler les sensations de toucher ressenties par le consommateur pendant la mastication, puis de les mesurer. Il s'agit de tests mécaniques qui mesurent la résistance ou l'amplitude de la déformation du produit à différents

types de forces qui lui sont appliquées. Plusieurs mesures de forces mécaniques peuvent être faites comme la mesure des forces de cisaillement (à l'aide de la cellule de Warner-Bratzler) (figure n°5a), de torsion (au moyen d'un rhéomètre en mode oscillatoire) et plus rarement les forces de compression (figure n°5b). La méthode de la pression du pouce permet aux professionnels de trouver la délimitation entre les zones tendres et les zones dures du muscle. Les morceaux sont classés en 3 catégories : "garantie tendre", "tendre" et "à attendrir" (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**).

- ◆ Les méthodes physico-chimiques : La composition chimique d'une viande conditionne pour partie sa tendreté. De plus, certaines molécules chimiques sont caractéristiques du niveau de maturation d'une viande. Les mesures spectroscopiques électromagnétiques permettent de mesurer simultanément différents constituants chimiques de la viande, ainsi, les deux composantes de la tendreté sont concernées : la composante conjonctive au travers du collagène et la composante musculaire au travers de certaines molécules constitutives des fibres qui influent sur la tendreté, même de façon minime (protéines, lipides, eau...) (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**).



**Figure 5:** La cellule de Warner-Bratzler et de compression (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**).

Le jugement de la couleur des carcasses intervient en abattoir, minimum 24 heures après l'abattage, après refroidissement et ressuage. La notation peut se faire de deux façons (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**) :

- ◆ A l'œil, en s'appuyant sur des grilles d'appréciation codifiées comprenant 5 classes d'intensité de pigmentation (agneaux et gros bovins) (figure n°6); son utilisation par des notateurs entraînés permet d'obtenir une notation fiable mais cette méthode est subjective et source potentielle de litiges.



**Figure 6:** Le nuancier (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**).

- ◆ Par mesure instrumentale, grâce à un Chromamètre (figure n°7) ou tout autre colorimètres (spectrophotomètres, spectro-colorimètres ou réflectomètres); cette méthode permet de classer correctement entre 68 et 88 % des carcasses (selon les types) avec des performances supérieures à celles d'un pointeur expert mais aussi d'objectiver la mesure et d'éviter les litiges commerciaux.



**Figure 7:** Le chromamètre (**DENOYELLE et LECLERC, 2012**).

# **CHAPITRE II.**

---

## **Compositions chimiques et diététiques des viandes rouges**

---

## Chapitre II. Compositions chimiques et diététiques des viandes rouges

### 1. Présentation

Les qualités organoleptiques de la viande sont sous la dépendance des conditions de transformation du muscle en viande et aussi de la composition et de la structure de ce muscle **(COIBION, 2008)**.

La masse musculaire des animaux de rente représente 35 à 60% de leur poids vif. Elle est composée de plus de 600 muscles dont environ 570 sont des muscles striés squelettiques. Les muscles présentent une grande diversité de forme, taille, localisation et fonction. Les fibres musculaires et les tissus conjonctif et adipeux des muscles jouent un rôle primordial dans le déterminisme des composantes de la qualité organoleptique et la capacité de rétention en eau de la viande crue, cuite ou transformée **(LISTRAT et al., 2015)**.

### 2. Composition et structure des muscles

L'eau qui représente 75% du poids d'une carcasse bovine sert dans la thermorégulation, dans de nombreux processus cellulaires et pour le transport des nutriments. Les protéines qui représentent 19 % du poids remplissent quant à eux un grand nombre de fonctionnalités comme le maintien de la structure et de l'organisation du muscle, contraction musculaire, signalisation, dégradation et remodelage cellulaire **(COIBION, 2008)**.

Quant aux lipides qui jouent un rôle dans le stockage énergétique, ont une place dans les réponses immunitaires et les voies de reconnaissance cellulaire. En plus le muscle est composé de constituants faiblement représentés (environ 1% du poids du muscle), parmi lesquels on trouve les glucides (majoritairement le glycogène), les minéraux (notamment le fer, le zinc et le sélénium) et des substances azotées non protéiques (créatine et acides aminés libres). La viande apporte aussi des vitamines A et E et des vitamines de groupe B **(TOURAILLE, 1994 ; GAGAOUA, 2015)**.

La composition du muscle varie plus ou moins (figure n°8 et tableau n°VII) d'un animal à l'autre et d'un muscle à l'autre chez le même animal. Cette différence explique très

partiellement les larges variations des qualités organoleptiques observées (GAGAOUA, 2015 ; LISTRAT et al., 2015).

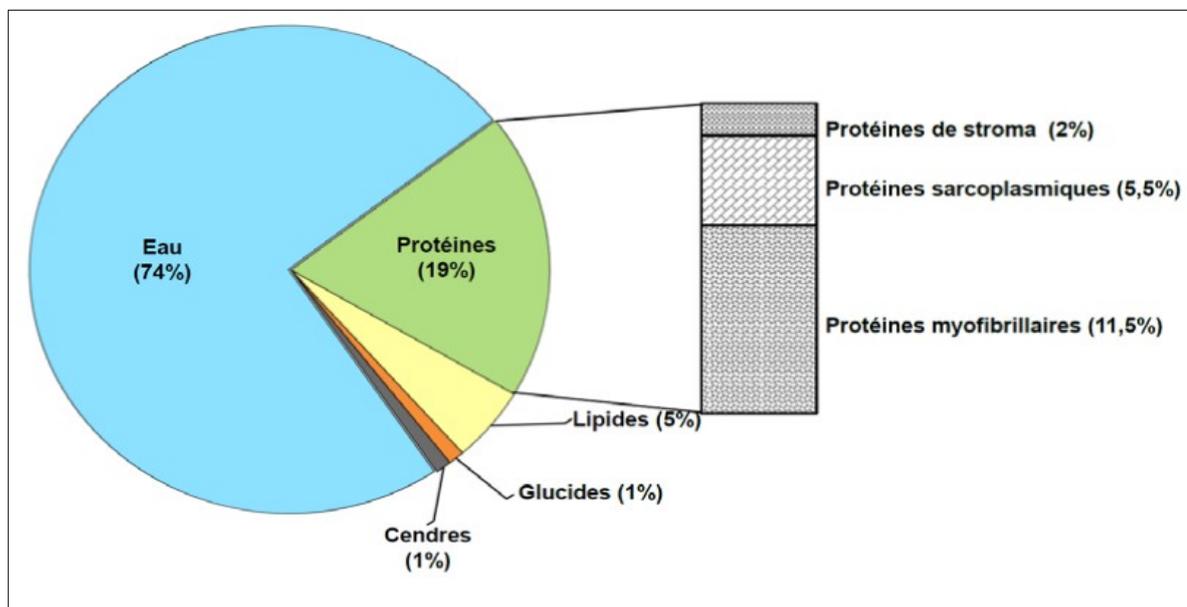


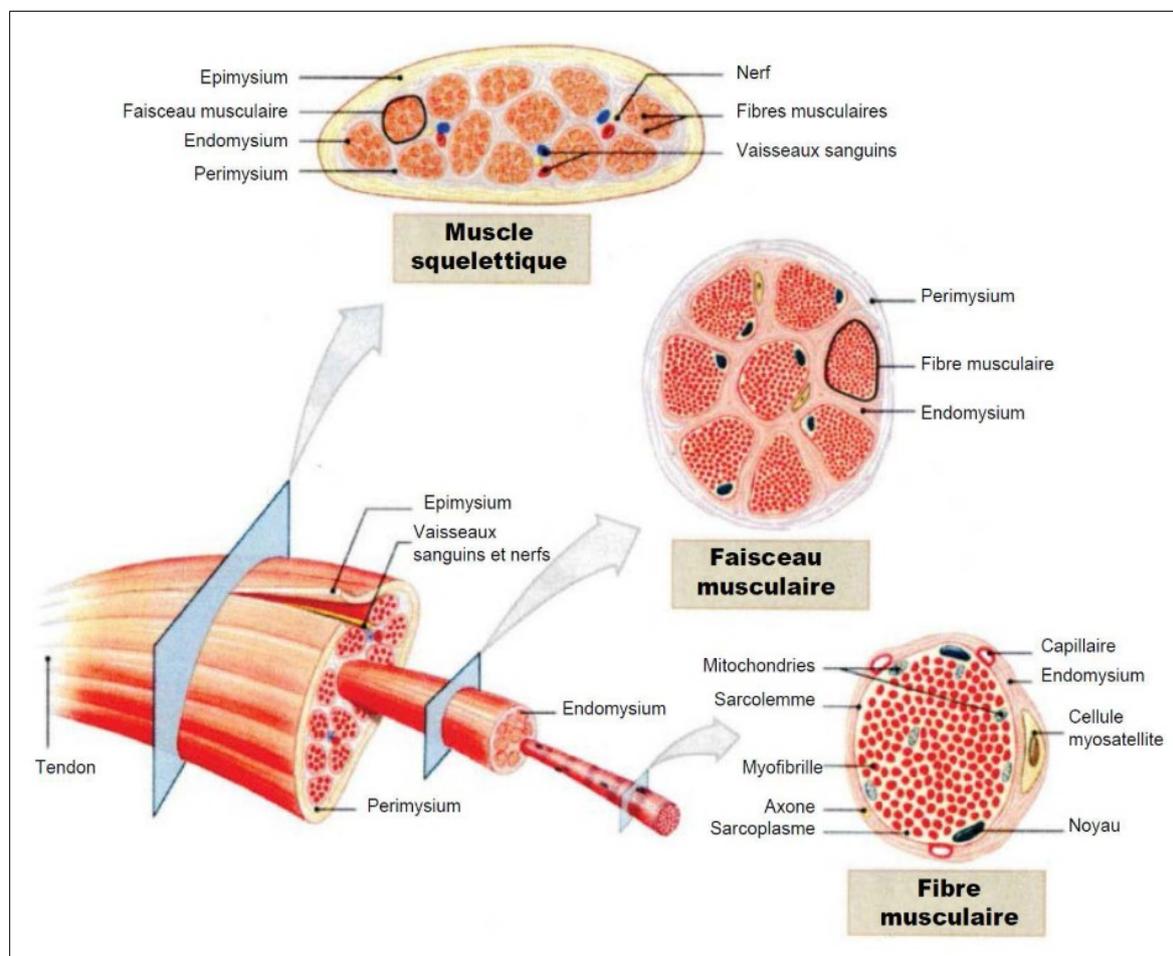
Figure 8: Composition du tissu du muscle squelettique (GAGAOUA, 2015).

Tableau VII: La valeur moyenne nutritionnelle des viandes rouges cuites (ANSES, 2020).

Constituant	Teneur moyenne
Energie, Règlement UE N° 1169/2011 (kJ/100 g)	816
Energie, Règlement UE N° 1169/2011 (kcal/100 g)	195
Protéines, N x 6.25 (g/100 g)	26
Glucides (g/100 g)	0,027
Lipides (g/100 g)	10,1
AG saturés (g/100 g)	4,16
Sel chlorure de sodium (g/100 g)	0,22

Le muscle squelettique des animaux est constitué de fibres musculaires groupées parallèlement en faisceaux (figure n°9). Chaque niveau de structure est enveloppé par une gaine conjonctive. On distingue ainsi, du centre du muscle vers la périphérie : l'endomysium

qui enveloppe chaque fibre musculaire ; le périnysium qui délimite les faisceaux de fibres musculaires ; l'épinysium, qui est l'enveloppe externe du muscle. Ce muscle contient également du tissu adipeux et dans une moindre mesure, des tissus vasculaires et nerveux (LISTRAT et al., 2015).



**Figure 9:** Organisation du muscle squelettique (GAGAOUA, 2015).

### 3. Transformation du muscle en viande

La transformation du muscle en viande est un processus complexe, faisant intervenir des facteurs enzymatiques (protéases) et des facteurs physico-chimiques (pH, pression osmotique). Après la saignée, la viande se vide de son sang, le muscle se trouvant en situation d'anoxie, s'acidifie progressivement, suite à la conversion du glycogène en lactate. Le pH chute de 7,1 à 5,6, entraînant un pouvoir de rétention d'eau faible par rapprochement du point isoélectrique des protéines. La réserve de glycogène utilisée pour l'effort physique de

l'animal, dépend de l'alimentation et des états de stress avant abattage (**KEDDAM, 2005 ; COIBION, 2008 ; SALIFOU et al., 2013**).

Immédiatement après abattage et pour maintenir une homéostasie, la cellule musculaire empreinte un métabolisme anaérobie épuisant le glycogène de réserve et la créatine phosphate. L'état ultime du niveau énergétique est caractérisé par une chute d'ATP qui provoque la libération du  $Ca^{++}$  qui constitue un facteur favorisant la contraction musculaire. La libération du calcium du réticulum sarcoplasmique entraîne la formation du complexe actomyosine qui entraîne un durcissement de la viande (stade rigor-mortis), sous l'effet d'un stimulus nerveux. La pression osmotique s'élève jusqu'à l'achèvement de la rigidité cadavérique, provoquant l'altération de l'intégrité des myofibrilles et la dissociation des protéines contractiles. Le phénomène de protéolyse peut être estimé par l'indice de fragmentation myofibrillaire qui augmente significativement, produisant une viande tendre, juteuse et intéressante sur le plan technologique (**KEDDAM, 2005 ; COIBION, 2008 ; SALIFOU et al., 2013**).

Après abattage de l'animal, la viande est au stade de la contractibilité, pantelante, chaude, vaporeuse, neutre chimiquement et résistance à la dent après cuisson. Par contre après maturation, elle se ramollit, devient froide juteuse et acide. Elle devient tendre et savoureuse, succulente, après cuisson (**KEDDAM, 2005**).

## **4. Composition des viandes rouges après cuisson**

### **4.1. Effets de la cuisson sur la composition nutritionnelle des viandes**

Les viandes étant généralement consommées cuites et puisque de nombreux constituants de la viande sont mises en jeu par la cuisson, à cause de l'élévation de la température à cœur qui peut générer des changements d'état physique des constituants et des modifications de leur structure chimique. Donc la cuisson et les traitements culinaires impacte les teneurs en nutriments des viandes. Ces modifications de composition dépendent principalement des pertes en jus et des températures atteintes en tous points de la viande lors de la cuisson (figure n°10) (**DUCHÈNE et GANDEMER, 2015**).

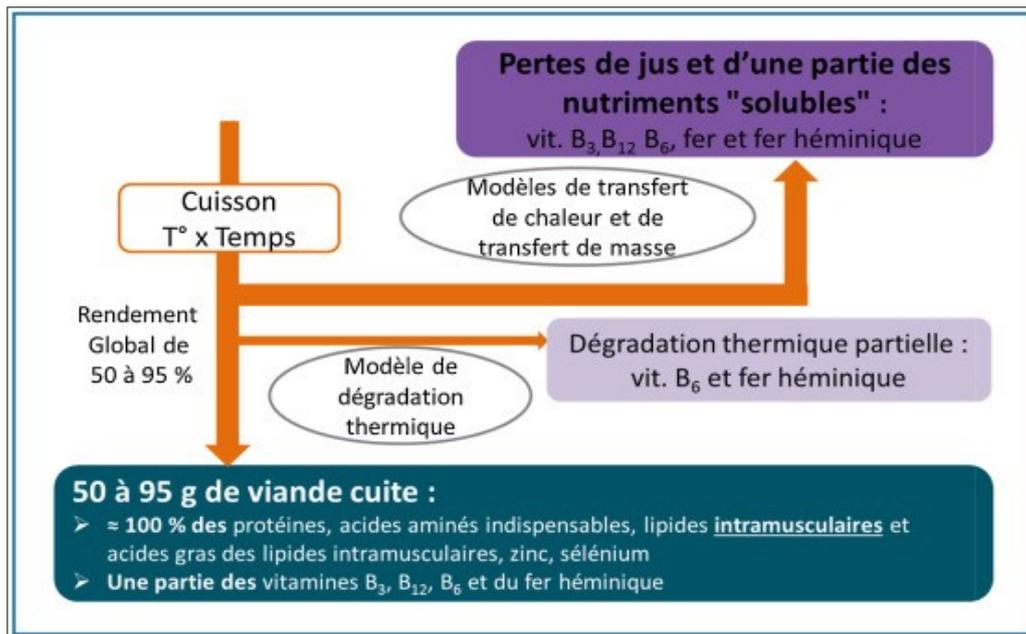
#### **4.1.1. Les pertes en jus**

L'expulsion du jus hors de la viande sous l'effet de l'augmentation de la température est le phénomène majeur qui conditionne la composition des viandes cuites: elle détermine le rendement global en poids de la viande, contribue à la concentration des constituants non solubles comme les protéines et les lipides et est responsable de la plus grande partie des pertes en micronutriments hydrosolubles. L'étude approfondie des facteurs affectant les pertes en jus a démontré qu'elles dépendent principalement de la teneur initiale en eau de la viande et de la cinétique de la température à l'intérieur de la viande, elle-même liée à la taille des morceaux. La cinétique de pertes en eau au cours de la cuisson est similaire quels que soient le type de muscle et l'espèce animale **(DUCHÈNE et GANDEMER, 2016)**.

#### **4.1.2. Les températures atteintes de la viande lors de la cuisson**

Pour les cuissons courtes (grillées ou poêlées) et intermédiaires (rôties), les rendements varient de 70 à 95%, selon le degré de cuisson : plus élevés pour les cuissons bleues (90-95% pour des cuissons de 21 à 30°C à cœur, selon les températures définies dans l'étude) que pour les viandes à point (70 à 75% pour des cuissons autour de 60°C) et intermédiaires pour les saignantes (80-85% pour des cuissons entre 47 et 53°C). Les fourchettes de 5% intègrent la variabilité liée à plusieurs facteurs tels que la température initiale de la viande crue, le matériel ou encore la teneur en matière grasse de la viande **(DUCHÈNE et GANDEMER, 2016)**.

Pour les longues cuissons braisées ou bouillies, la température à cœur reste élevée pendant une à plusieurs heures : 75 à 85°C pour les viandes braisées ou mijotées à feu doux et 90 à 100°C, pour les viandes bouillies. Leurs rendements sont donc plus faibles, de 50 à 65%. Les fourchettes des rendements pour ces modes de cuisson sont plus larges que pour les autres cuissons en raison notamment de la variabilité de la teneur en eau des viandes crues. En effet, à des températures à cœur de 90°C, la perte en eau maximale du morceau au terme de la cuisson varie de 65 à 50% **(DUCHÈNE et GANDEMER, 2016)**.



**Figure 10:** Résumé des principaux processus de pertes en eau et en nutriments au cours de la cuisson des viandes (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

## 4.2. La valeurs nutritionnelle des viandes rouges cuites

### 4.2.1. Protéines et acides aminés

La teneur des protéines plus élevée dans la viande cuite que dans la viande crue, car ils ne subissant pas de perte significative lors de la cuisson. Donc, 100 g de viande cuite apportent entre 20 et 40 g de protéines, selon le mode et le degré de cuisson (tableau n° VIII). Ainsi, tous les morceaux de viandes cuites peuvent être déclarés « riches en protéines ». De même, la cuisson n'altère pas la composition en acides aminés indispensables des protéines (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

### 4.3. Teneurs en lipides

Les viandes cuites ont donc une teneur en lipides et en acides gras (tableau n° VIII) plus élevée que les mêmes viandes crues, en plus s'ajoute une variabilité liée au rendement de cuisson. Les viandes braisés ou bouillis (paleron et joue de bœuf ; épaule, jarret et collier de veau ; gigot d'agneau) en apportent de 6 à 10 g/100g. Alors que pour les morceaux maigre grillée ou poêlée (macreuse, tendre de tranche de bœuf ou cheval, noix de veau) apportent entre 2,5 à 5 g/100 g de lipides selon le morceau et le degré de cuisson (bleu, saignant, à point) (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

Le rapport polyinsaturés/saturés des chameaux apparait dès lors favorable (0,36) comparé à celui relevé dans la viande de bœuf (0,22) ou de mouton (0,26). Le rapport linoléique/linoléique est en particulier beaucoup plus élevé dans la viande de chameau (10,9) que chez les autres espèces de rente : bœuf (2,0), mouton (2,4) et la chèvre (2,8) (FAYE et al., 2013).

#### **4.4. Teneurs en zinc et en sélénium**

Les viandes constituent ainsi une des meilleures sources alimentaires de zinc avec des teneurs élevées et une très bonne biodisponibilité par rapport à celui d'autres aliments. Les viandes de bœuf, de veau, d'agneau et de chevreau cuites sont riches en zinc quel que soit le mode et le degré de cuisson mais pour la viande chevaline, peut être alléguée « source » ou « riche » selon les morceaux et le degré de cuisson (tableau n°VIII). Tous les morceaux cuits de bœuf, d'agneau et de veau (8,78 µg/100 g) sont des « sources de sélénium » et à moindre degré pour la viande chevaline (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

##### **4.4.1. Sources de vitamines du groupe B**

Les viandes cuites apportent des quantités importantes de vitamines B3 et B12 (solubles mais thermorésistantes) et B6 (soluble et thermosensible). Selon les critères réglementaires d'allégation nutritionnelle, au regard de leurs teneurs moyennes en vitamines. Tous les morceaux de viande de bœuf, de veau, d'agneau et de viande chevaline peuvent être considérés comme « sources » de vitamine B3 et de nombreux morceaux comme riches (mais plus faiblement pour le chevreau) et tous peuvent être déclarés « riches » en vitamine B12 (tableau n°VIII). La très grande majorité des morceaux de bœuf et de viande chevaline grillés, poêlés ou rôtis peuvent être considérés comme « riches » en vitamine B6 alors que ceux du veau, d'agneau et du chameau sont majoritairement «sources» (ANSES, 2020 ; FAYE et al., 2013 ; DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

#### **4.5. Teneurs en fer**

Les viandes et plus particulièrement les viandes rouges sont reconnues pour leurs apports élevés en fer. Par exemple, les viandes cuites de chevreau ou de cheval contiennent 2 à 4 mg/100 g de fer total. Le veau et l'agneau ont des teneurs en fer total plus faibles (tableau n°VIII). Les viandes cuites restent donc des aliments contribuant significativement à la couverture des besoins en fer (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

**Tableau VIII:** Les valeurs nutritionnelles des viandes rouges (KADIM et al., 2008 ; FAYE et al., 2013 ; ANSES, 2020).

<i>Constituant</i>	<b>Teneur moyenne de la viande cuite</b>				
	<b>Agneau</b>	<b>Chevreau</b>	<b>Chameau</b>	<b>Veau</b>	<b>Cheval</b>
<b>Energie (kJ/100 g)</b>	868	573	568	712	581
<b>Energie (kcal/100 g)</b>	208	136	136	169	138
<b>Eau (g/100 g)</b>	60,5	68,2	--	63,7	68,6
<b>Protéines, N x 6.25 (g/100 g)</b>	28,1	27,1	19,5	29	28
<b>Glucides (g/100 g)</b>	0,011	0	0	0,74	0
<b>Lipides (g/100 g)</b>	10,6	3,03	6.4	5,55	2,85
<b>AG saturés (g/100 g)</b>	3,66	0,93	--	1,79	2,41
<b>AG mono-insaturés (g/100 g)</b>	3,56	1,36	--	2,2	0,12
<b>AG polyinsaturés (g/100 g)</b>	0,87	0,23	--	0,77	0,078
<b>Cholestérol (mg/100 g)</b>	92,8	75	50	87,9	83,6
<b>Fer (mg/100 g)</b>	1,74	3,73	--	0,95	3,4
<b>Sélénium (µg/100 g)</b>	7,86	--	--	8,78	5
<b>Zinc (mg/100 g)</b>	4,94	5,27	--	4,46	3,1
<b>Vitamine E (mg/100 g)</b>	0,17	0,34	0,61	0,57	1,15
<b>Vitamine B1 ou Thiamine (mg/100 g)</b>	0,083	0,09	0.12	0,14	0,15
<b>Vitamine B3 ou PP ou Niacine (mg/100 g)</b>	6,37	3,95	--	7,38	9,5
<b>Vitamine B5 ou Acide pantothénique (mg/100 g)</b>	0,58	--	--	0,61	0,45
<b>Vitamine B6 (mg/100 g)</b>	0,2	0	0,25	0,41	0,7
<b>Vitamine B12 (µg/100 g)</b>	2,27	1,19	--	1,92	4,05

## 5. Composantes de la qualité organoleptique

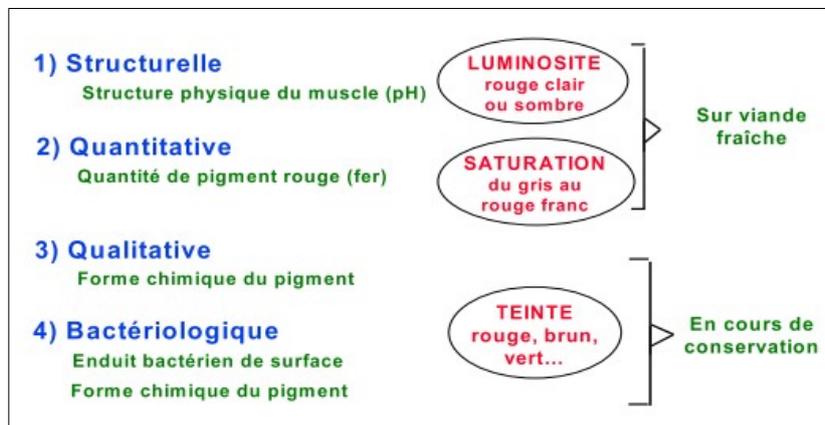
### 5.1. Les composantes de la couleur

La couleur de la viande est définie par rapport à trois paramètres principaux (tableau n°IX) : la teinte qui varie en fonction de l'état chimique des pigments ; la saturation qui dépend de la quantité de pigment présent dans le muscle et la luminosité qui est corrélée à l'état de surface de la viande (COIBION, 2008).

**Tableau IX:** Principaux paramètres agissant sur la couleur de la viande (COIBION, 2008).

<b>C O U L E U R</b>	Teinte	Etat chimique des pigments	Myoglobine Hémoglobine résiduelle Etat de fraîcheur de la coupe
	Saturation	Quantité de Pigments	Espèce Race Sexe Age Exercice Alimentation ...
	Luminosité	Etat physique	pH de la viande Structure des protéines

La couleur de la viande comprend quatre composantes, qui interviennent sur le produit frais et en cours de conservation (figure n°11). A l'état frais, les différences de couleur de viande sont surtout attribuées aux composantes structurelle et quantitative. Mais au cours de la conservation, deux autres composantes, qualitative et bactériologique, qui vont essentiellement modifier la teinte du produit (rouge, brun, vert...) (CARTIER et MOEVI, 2007).



**Figure 11:** Les composantes de la couleur (CARTIER et MOEVI, 2007).

### **5.1.1. Composante structurelle**

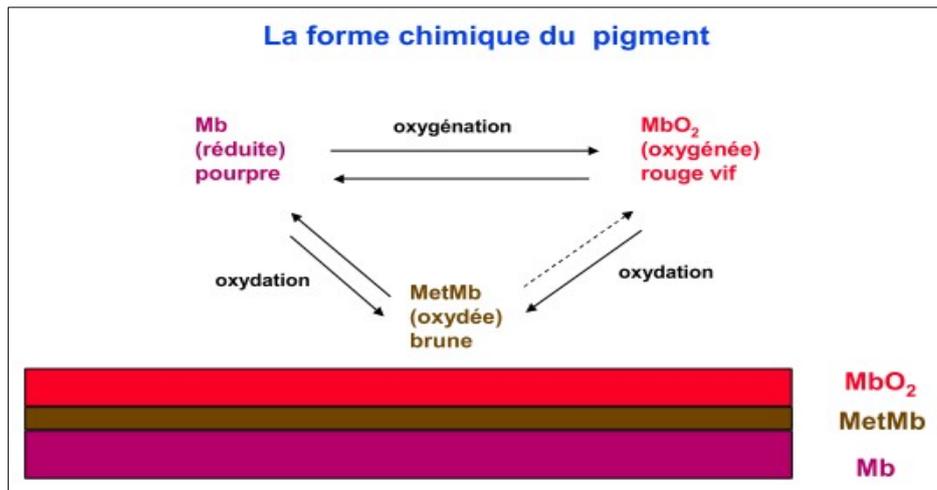
La composante structurelle de la couleur, liée à la structure physique du muscle et en particulier à son degré d'acidification, qui modifie la luminosité du produit (rouge plus ou moins clair). La valeur du pH ultime atteint après la mort conditionne partiellement la couleur de la viande. Dans certains cas, l'acidification s'arrête trop tôt, le pH ultime est élevé et la viande reste sombre (CARTIER et MOEVI, 2007).

### **5.1.2. Composante quantitative**

La composante quantitative, c'est la quantité de pigment rouge dans le muscle, qui détermine la saturation de la couleur (rouge vif ou terne, grisâtre). La myoglobine est le principal pigment responsable de la coloration de la viande, ou sa teneur détermine l'intensité de la pigmentation du muscle (CARTIER et MOEVI, 2007).

### **5.1.3. Composante qualitative**

La composante qualitative, relative à la forme chimique prise par le pigment musculaire, qui évolue au cours du temps. La myoglobine peut prendre trois formes chimiques différentes, correspondant à des états d'oxydoréduction (de l'atome de fer) et d'oxygénation (fixation ou non d'oxygène par la molécule) différentes (figure n°12). Ces états sont fonction de la fraîcheur du produit et de la pression partielle locale en oxygène. La couleur (rouge vif) est celle du pigment oxygéné, l'oxymyoglobine (MbO<sub>2</sub>), au contact de l'air. En effet, ce dernier ne diffuse que sur quelques millimètres ou centimètres dans la viande, au-delà, il n'y a plus d'oxygène et la myoglobine se trouve à l'état réduit (Mb), où la couleur est de rouge sombre, pourpre. Enfin, quelques millimètres sous la surface, là où les pressions partielles en oxygène sont faibles mais pas nulles, se trouve une troisième forme du pigment, la metmyoglobine (MetMb) c'est une myoglobine oxydée, dont la couleur brune est peu attractive. Pratiquement invisible sur viande fraîche, cette mince couche brune tend à se développer au fil de la conservation, par oxydation progressive du pigment à l'air. La couche de metmyoglobine s'épaissit et vient grignoter la couleur rouge vif en surface du produit, de façon plus ou moins homogène : perte d'éclat de la viande, brunissement général ou apparition de taches de décoloration, d'auréoles en surface, développement d'un phénomène de « bordage » (TOURAILLE, 1994 ; CARTIER et MOEVI, 2007 ; LISTRAT et al., 2015).



**Figure 12:** Les différentes formes chimiques de la myoglobine (CARTIER et MOEVI, 2007).

#### 5.1.4. Composante bactériologique

La composante bactériologique, liée au développement de bactéries en surface de la viande et à de possibles interactions avec la forme chimique du pigment. Cette composante traduit le fait que la qualité bactériologique de la viande interfère avec la stabilité de la couleur, c'est-à-dire que la viande présentant une forte charge bactérienne dès le début de la conservation, verra sa couleur s'altérer plus rapidement qu'une autre (CARTIER et MOEVI, 2007).

## 5.2. Les composantes de la tendreté

La tendreté de la viande est principalement liée à l'état du tissu conjonctif d'une part et l'état des fibres musculaires d'autre part.

### 5.2.1. Le tissu conjonctif

Le tissu conjonctif enveloppe les éléments qui se contractent, dans les muscles. Il est souple mais très résistant puisqu'il permet de transmettre les forces. Ce tissu conjonctif se compose principalement d'une protéine appelée le collagène. Le collagène est constitué de chaînes formant des liens solides entre elles. La solidité de ces liens s'accroît avec l'âge des animaux, contribuant ainsi à augmenter la résistance mécanique du collagène. Plus il y a de collagène, plus la viande est dure. Le taux de collagène d'un muscle définit sa destination

culinaire. Le taux de collagène d'un muscle donné varie fortement entre les carcasses **(CARTIER et MOEVI, 2007)** .

CARTIER et MOEVI (2007) ajoutent que l'état du collagène fixe la « dureté de base » de la viande c'est-à-dire une dureté propre à l'animal abattu ; elle n'évolue pratiquement pas par la suite. Seuls des traitements particuliers tels que l'attendrissage, le hachage ou la cuisson humide, permettent de modifier cette dureté de base. Par ailleurs, le parage qui vise en particulier à débarrasser les morceaux de viande d'une partie de leurs enveloppes conjonctives influe largement sur la tendreté.

### **5.2.2. Les fibres musculaires**

Les fibres musculaires subissent par contre, après la mort de l'animal, de nombreuses transformations qui modifient leur résistance. Dans un premier temps, il y a une augmentation de cette dernière avec établissement de la rigidité cadavérique, puis elle s'attendrit grâce à la maturation. L'attendrissage est rapide les premiers jours, se ralentit par la suite, puis tend vers une limite **(TOURAILLE, 1994 ; COIBION, 2008 ; LISTRAT et al., 2015)**.

La durée de conservation nécessaire à l'obtention d'une tendreté optimale varie avec la température (8 jours à 6°C, 14 jours à 2°C et pendant 16 jours à 0°C) et l'augmentation de la tendreté au cours de la maturation est liée à un affaiblissement de la structure myofibrillaire. A l'origine de cet affaiblissement, on trouve une dégradation des protéines de structure et des liaisons intermoléculaires sous l'action d'enzymes endogènes **(COIBION, 2008)**.

### **5.3. Les composantes de la flaveur**

Les différents composés chimiques responsables de la flaveur de la viande sont libérés principalement au moment de la cuisson. En effet, la viande crue n'a qu'une flaveur peu prononcée liée à la présence de sels minéraux et de substances (précurseurs de flaveur) qui après chauffage lui donneront une flaveur caractéristique. D'une espèce animale à une autre, les composés responsables de la flaveur des viandes sont sensiblement les mêmes, les différences étant principalement d'ordre quantitatif. De plus, les parties «maigres» des différentes espèces ayant une composition très voisine, c'est vraisemblablement la fraction

lipidique de la viande (qui pour sa part a une composition très variable) qui détermine la saveur particulière de chaque espèce (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

Ces composés sont classés en deux catégories : premièrement les composés volatils responsables de l'arôme ou de l'odeur principalement les composés carbonylés et lactones ; les composés hétérocycliques (furanne, pyrazines et pyridines) et les composés soufrés (H<sub>2</sub>S) en plus d'autres qui ont un rôle plus faible comme les alcools, les esters, les éthers, les hydrocarbures aliphatiques et les acides carboxyliques et enfin les composés non volatils responsables du goût (les nucléotides, les nucléosides, certains acides aminés et la créatinine) ; et deuxièmement les réactions de formation des composés de la saveur par la réaction de Maillard et l'oxydation lipidique (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

#### 5.4. Les composantes de la jutosité

Il y a deux types de jutosité, la jutosité initiale et la jutosité finale

##### 5.4.1. La jutosité initiale

La jutosité initiale ou première jutosité représente la quantité de jus qui s'écoule dans la bouche aux premières mastications. Elle est dépendante de la quantité d'eau dans la viande, notamment d'eau liée, celle qui demeure dans le produit au cours de la cuisson (figure n°13) (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

##### 5.4.2. La jutosité finale

La jutosité finale ou seconde jutosité est liée à la salivation engendrée par le gras du morceau, après mastication. C'est le gras intramusculaire qui est essentiellement impliqué dans la seconde jutosité, par son action stimulante de la sécrétion salivaire. Ainsi, une viande riche en lipides sera moins sèche qu'une viande maigre (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

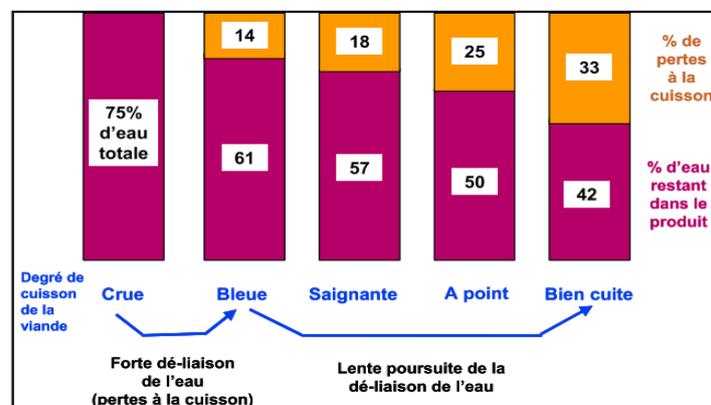


Figure 13: Effet de la cuisson sur la perte en eau (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

# **CHAPITRE III.**

---

## **Paramètres de variation de la qualité physico- chimique et organoleptique**

---

## **Chapitre III. Paramètres de variation de la qualité physico-chimique et organoleptique**

### **1. Présentation**

Les principaux facteurs de variation des qualités organoleptiques d'une viande sont les mêmes quelle que soit l'espèce considérée. D'aspect engageant, une viande doit être tendre, juteuse et de flaveur agréable. Il existe des divers facteurs qui influent la qualité : les facteurs qui sont étroitement liés à l'animal, plus particulièrement aux caractéristiques biologiques du muscle ou du tissu adipeux et les facteurs qui dépendent des conditions de transformation du muscle en viande et en fin d'une viande en produits élaborés. Toutefois, en fonction des particularités biologiques de chaque type d'animal, du stade auquel sont abattus les animaux et de l'usage qui est fait des viandes, la hiérarchie d'importance des différents critères de qualité diffère selon les espèces considérées (**BONNEAU et al., 1996**).

### **2. Les facteurs de variation de la couleur**

Les principales composantes de la couleur peuvent être structurelles, quantitative ou qualitative causant respectivement des problèmes des viandes à coupe sombre, des viandes insuffisamment ou trop pigmentées et des viandes à coloration moins stable durant de la conservation (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

#### **2.1. Les facteurs de variation des viandes à coupe sombre**

Les conditions de pré-abattage des animaux, où l'accumulation des perturbations subies par l'animal est directement responsable de la diminution des réserves en glycogène musculaire, qui a une influence directe sur la couleur de la viande, donc des viandes à pH élevé. Les réserves en glycogène peuvent être épuisées par une diète prolongée ou suite aux dépenses physiques liées au regroupement des animaux, à leur chargement en camion, au transport ou à l'attente aux abattoirs ainsi qu'aux perturbations émotionnelles, par la sécrétion d'hormones (**MOËVI, 2006 ; COIBION, 2008**).

## 2.2. Les facteurs de variation de la pigmentation de la viande

Les facteurs de variation de la pigmentation sont généralement de nature biologique comme le type de musculature et la maturité physiologique, ainsi puisque la quantité de pigment présente dans le muscle est définitivement fixée au moment de l'abattage, donc l'aval de la filière n'intervient pas, peu de possibilité d'action sur la pigmentation, à moins de modifier profondément le cheptel et les pratiques d'abattage (CARTIER et MOEVI, 2007).

### 2.2.1. Le muscle

Il existe des muscles qualifiés de « rouges » ou de « blancs », chaque muscle dans la carcasse présente une pigmentation en fonction de son rôle dans l'organisme, de sa composition en fibres et de la répartition spatiale de ces fibres dont le rôle et la pigmentation, sont très variables. (MOËVI, 2006 ; CARTIER et MOEVI, 2007).

### 2.2.2. La maturité physiologique

La maturité physiologique, l'âge à l'abattage et la précocité de l'animal, influent sur la pigmentation de la viande. Le taux de pigment s'augmente avec l'âge harmonieusement dans tous les muscles. Cet accroissement est relativement rapide jusqu'à un ou deux ans, puis il se ralentit (figure n°14)(MOËVI, 2006). En outre, plus vite l'animal est précoce, la pigmentation définitive est atteinte rapidement, donc plus la coloration est intense à un âge donné. Ainsi les viandes de femelles présentent une coloration plus intense que celle des mâles, moins précoces (CARTIER et MOEVI, 2007).

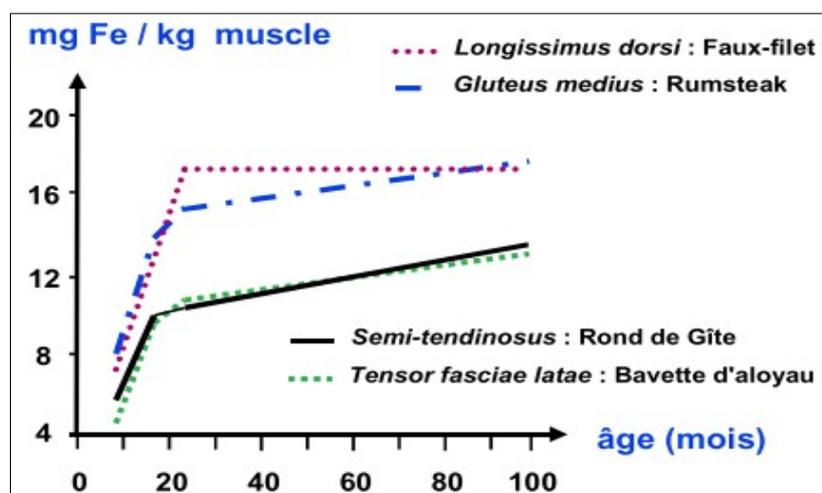


Figure 14: Effet de l'âge sur la teneur en myoglobine de différents muscles de taurillons Limousins (MOËVI, 2006).

## **2.3. Les facteurs de variation de la stabilité de la couleur**

Les opérations d'aval comme la durée et la température de conservation en plus de la pression d'oxygène au contact des viandes interviennent dans la maîtrise de la stabilité de la couleur de la viande (COIBION, 2008).

### **2.3.1. La durée de conservation**

Il convient de limiter le temps de passage de la viande au contact direct avec l'air ambiant. Un brunissement du produit en surface (apparition de metmyoglobine par suite d'oxydations) peut souvent écourter la commercialisation de la viande. Les risques d'altération de la couleur augmentent avec la durée de conservation. En effet, la viande ne dispose pas d'une durée de vie extensible à l'infini, même conservée dans de très bonnes conditions (CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008).

### **2.3.2. La température de conservation**

Il est préférable de maintenir la viande à température la plus proche possible de 0°C (0/+2°C), sans trop de fluctuations parce que la température est fondamentale, car elle joue sur les oxydations qui touchent le pigment musculaire et les graisses ainsi que sur la qualité bactériologique, donc l'application du froid permet de ralentir toutes ces altérations (CARTIER et MOEVI, 2007).

### **2.3.3. La pression partielle en oxygène au contact de la viande**

Au plan de la préservation de la couleur, le bordage se présente à quelques millimètres de la périphérie du morceau sous la forme d'auréoles de couleur marron/vert (figure n°15). Ce brunissement en surface du produit est un phénomène d'oxydation de la myoglobine qui est le plus accéléré par des situations où persistent de faibles pressions partielles en oxygène au contact de la viande (MOËVI, 2006).

Les muscles du quartier arrière sont principalement les muscles les plus atteints : de la Tranche (Tende de Tranche, Poire et merlan), de la Semelle (Gîte-Noix et Rond de Gîte), le Rumsteak et le Dessus de Palette dans l'avant (figure n°16). La durée potentielle de conservation d'une viande est fonction de la pression partielle en oxygène en surface du produit, sous de fortes pressions en oxygène, à l'air sous atmosphère enrichie en oxygène, pour une conservation temporaire présentant l'avantage d'une couleur de viande captivante. Donc la meilleur solution est de conserver la viande en l'absence d'oxygène (facteur

d'altération majeur), comme par exemple sous vide (pour un stockage plus long) (MOËVI, 2006 ; COIBION, 2008).

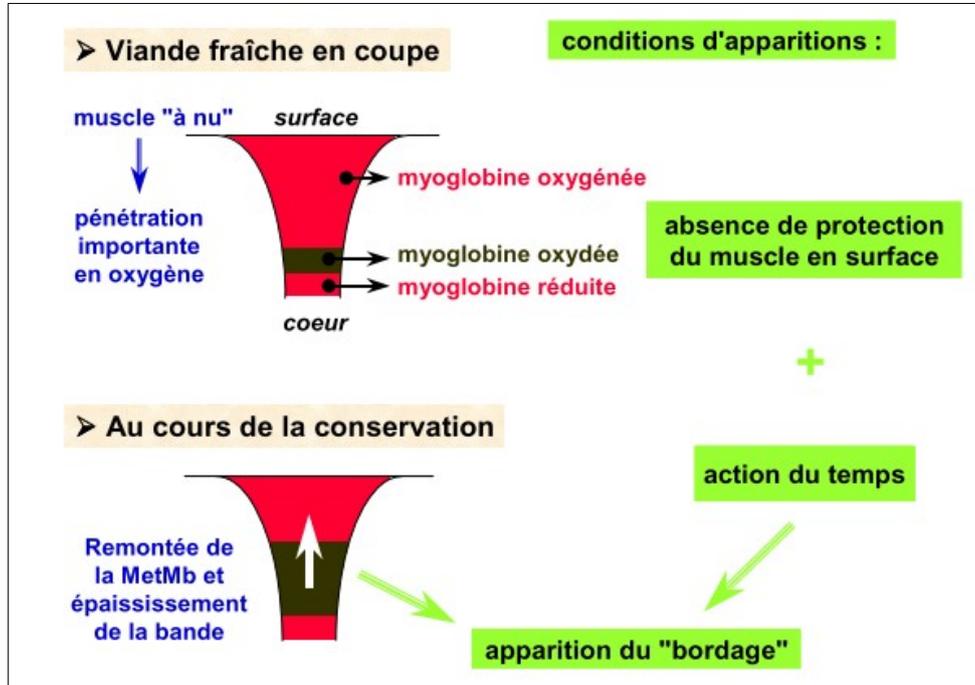


Figure 15: Mécanisme d'apparition du bordage de la viande (CARTIER et MOËVI, 2007).

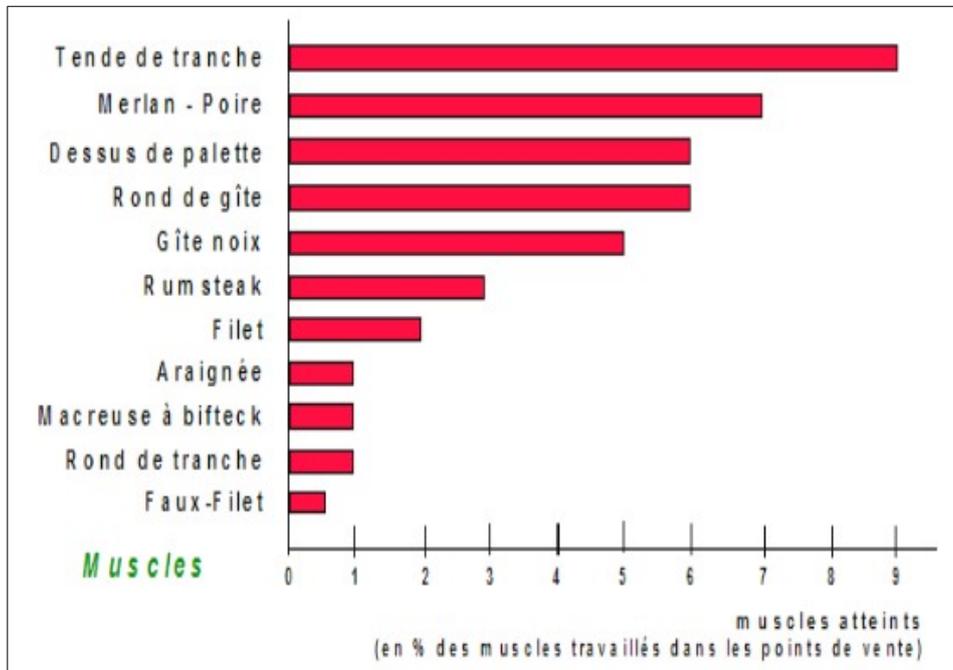


Figure 16: Sensibilité de différents muscles au phénomène de bordage (MOËVI, 2006).

Sur un morceau de viande, pour limiter ou éviter l'apparition du « bordage », il convient soit d'écouler le produit rapidement ; soit de ne pas trancher le muscle (afin de ne pas le rendre visible) ; soit de maintenir une protection en surface du muscle (pour éviter tout contact direct avec l'air durant un certain temps et donc empêcher la pénétration de l'oxygène dans le muscle). Pratiquement, des différents moyens de protection du muscle sont utilisés pour sa conservation comme le maintien du gras de couverture ou la conservation sur os ou le conditionnement sous vide (**COIBION, 2008**).

#### **2.3.4. Le statut microbiologique initial de la viande**

Une viande initialement saine est impliquée par la préservation de la couleur de la viande durant une conservation correcte, la couleur de la viande s'altère plus vite quand les bactéries sont déjà en phase de prolifération durant la conservation (**MOËVI, 2006**).

#### **2.3.5. L'individu**

Il est impossible de savoir auparavant quels sont les animaux qui présenteront, en fin, une bonne stabilité de couleur à l'étalage et les animaux dont la viande se dégradera, au contraire, très rapidement ; car il existe des différences majeures de stabilité de couleur de viande entre eux selon la case d'élevage, l'alimentation, les conditions de pré-abattage et d'abattage, de transformation, de maturation et de conservation (**CARTIER et MOËVI, 2007**).

#### **2.3.6. Le muscle**

À la conservation, Il y a une grande variabilité de stabilité de couleur des muscles de la carcasse :

- ◆ Des muscles stables sur le plan de la couleur, dont le faux-filet, la bavette de flanchet et l'aiguillette baronne (dans la cuisse) ;
- ◆ Des muscles intermédiaires, tels une partie du tendre de tranche (le demi membraneux) ;
- ◆ Des muscles instables, les plus chers au plan commercial, comme le rumsteck, le filet et la hampe, dont la couleur s'altère rapidement au cours de la conservation.

Globalement, l'instabilité de la couleur s'augmente lorsque la consommation du muscle en oxygène s'élève. En réalité, l'oxygène pénètre peu dans le muscle, de telle manière que l'importance relative de la metmyoglobine en surface s'accroît. Par contre, les muscles stables ont un métabolisme oxydatif moins prononcé, et respirent moins. Autrement dit, les muscles ayant un pH bas se décolorent souvent rapidement par rapport aux autres. Ceci est certainement lié au fait qu'une baisse de pH entraîne une diminution de la réduction enzymatique et une augmentation de l'autoxydation (MOËVI, 2006).

### **2.3.7. L'alimentation**

L'alimentation agit a priori peu sur la stabilité de la couleur de la viande. Les conditions alimentaires peuvent modifier la teneur et de l'état de la myoglobine et de la structure du muscle où la couleur dépend sur ces paramètres (MOËVI, 2006 ; COIBION, 2008).

#### **2.3.7.1. Effet de la nature de la ration**

La nature de l'alimentation du ruminant essentiellement dans le cas d'animaux jeunes et en état d'anémie ferriprive, comme le veau de boucherie influence la teneur en pigment, qui augmente avec l'âge. À un âge plus élevé des animaux conduit au pâturage, une pigmentation plus marquée et une couleur plus intense ont été observées avec un régime d'herbe pâturée, comparativement à un régime riche en concentré distribué à l'auge. Cependant, ceci serait dû davantage à l'activité physique plus intense liée aux déplacements des animaux au pâturage, ce qui favorise le développement du métabolisme oxydatif, et au plus faible niveau alimentaire qu'à la nature de la ration au sens étroit. En réalité, l'herbe (du type ensilage de maïs) est plus riche en vitamine E que les aliments conservés. Grace à une carence en vitamine E, certains animaux pourraient présenter des viandes d'une coloration plus fragile (CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008 ; CASSIGNOL, 2018). Les vitamines E et C sont des antioxydants qui interviennent pour retarder la dégradation de la couleur des pièces découpées au fil du temps, autrement dit, la richesse en myoglobine caractérise la couleur rouge vif de la viande, ainsi l'oxydation des myoglobines tend à faire perdre la teinte rouge vif au profit d'une nuance marron plus ou moins foncé et terne. Ainsi la supplémentation de la ration en sélénium et surtout en vitamine E permet de réduire extrêmement l'oxydation de la myoglobine et d'augmenter la durée d'exposition à l'air de la viande. Les phospholipides et le cholestérol des membranes sont protégés contre l'oxydation

par le sélénium et la vitamine E. Cette résistance permet de réduire significativement l'oxydation des lipides et en stabilise la couleur car elle pourrait indirectement prolonger la vie de l'oxymyoglobine, et par la suite retarder sa décoloration. La vitamine E est 5 à 10 fois plus abondante dans tous les fourrages verts que dans les céréales mais se dégrade rapidement au cours du séchage (- 40%), beaucoup moins au cours de la déshydratation (-12%). L'ensilage est la forme de conservation des fourrages la plus favorable à la conservation de la vitamine E (MOËVI, 2006 ; COIBION, 2008).

### 2.3.7.2. Effet du niveau alimentaire

COIBION (2008) indique que la teneur en pigments de la viande rouge est conditionnée par le niveau alimentaire donc une augmentation de la proportion de fibres oxydatives est la conséquence d'une réduction des apports.

## 3. Les facteurs de variation de la tendreté

Les facteurs qui interviennent sur la tendreté de la viande sont nombreux et concernent surtout l'aval de la filière.

### 3.1. Le muscle, le travail de la viande et de la cuisson

CARTIER et MOEVI (2007) désignent que à l'origine d'une première distinction entre muscles, la quantité de collagène est fondée sur leur destination culinaire. Ainsi il est dissocié des muscles à cuisson rapide, peu riches en collagène (situés sur l'arrière de l'animal) et des muscles à cuisson lente, riches en collagène (situés sur l'avant). Pour les muscles pauvres en collagène (Température à cœur ne dépasse pas 60°C), la cuisson la plus adaptée est une cuisson modérée, rapide, en milieu sec : (rôtis, grillades, fondues). Pour limiter les pertes en eau, la périphérie du morceau est saisie pour former rapidement une croûte superficielle donc ils ont besoin d'être « attendris » auparavant.

Parmi les solutions possibles pour attendrir les viandes il faut (CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008):

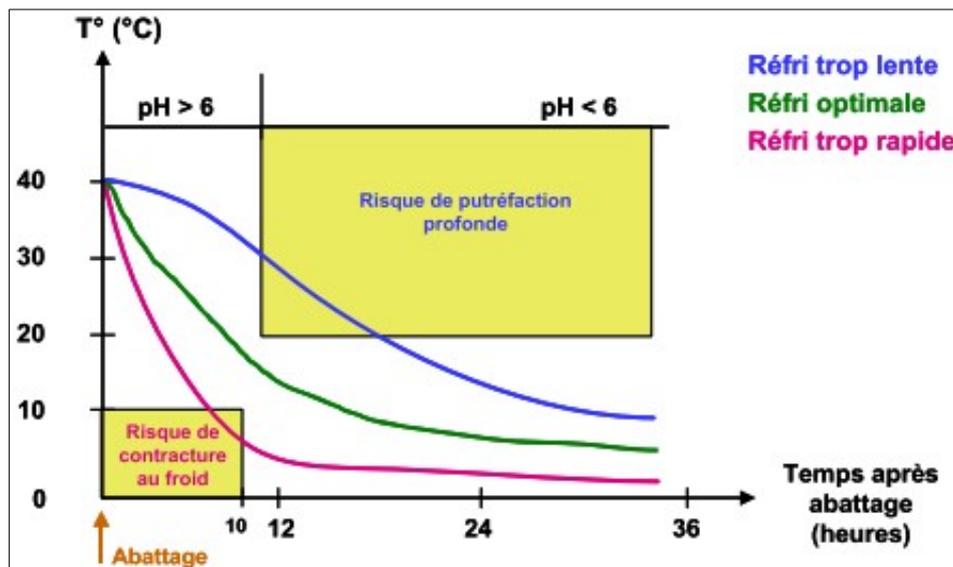
- ◆ Cuire le morceau longtemps en milieu humide, permettre au collagène de se gélifier, donc de s'attendrir (Température à cœur doit dépasser 80°C) ;
- ◆ Hacher la viande (supprime la dureté de base de la viande de façon mécanique, par broyage de la viande) ;

- ◆ Attendrissage mécanique de la viande, autorisé sous certaines conditions ;
- ◆ Ôter les gras en excès mais aussi et surtout le collagène recouvrant le muscle (présent sous forme d'aponévroses très résistantes d'un blanc nacré). L'augmentation de la tendreté est relative à la viande parée ;
- ◆ L'affranchi. c'est l'isolement de la partie centrale du muscle, potentiellement plus tendre, pour mieux la valoriser ;
- ◆ Enfin, l'extension de la découpe.

### 3.2. La réfrigération des carcasses

Un risque sanitaire, comme le risque de putréfaction profonde du muscle, est entraîné par le refroidissement lent. La tendreté est détériorée de manière irréversible par la réfrigération rapide sans précaution, où cette dernière provoque un durcissement des muscles. La maturation ne peut résoudre le blocage irréversible des liaisons protéiques provoqué par le froid trop intense. Les fibres musculaires sont entrées en rigidité cadavérique à l'état contracté donc le potentiel de tendreté du muscle est définitivement altéré (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

La prévention consiste à ne pas descendre en dessous de 10°C à cœur pour les muscles ; et que le pH soit descendu sous la valeur de 6 à 6,2 et que le temps nécessaire soit de l'ordre de 10 heures (figure n°17) (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

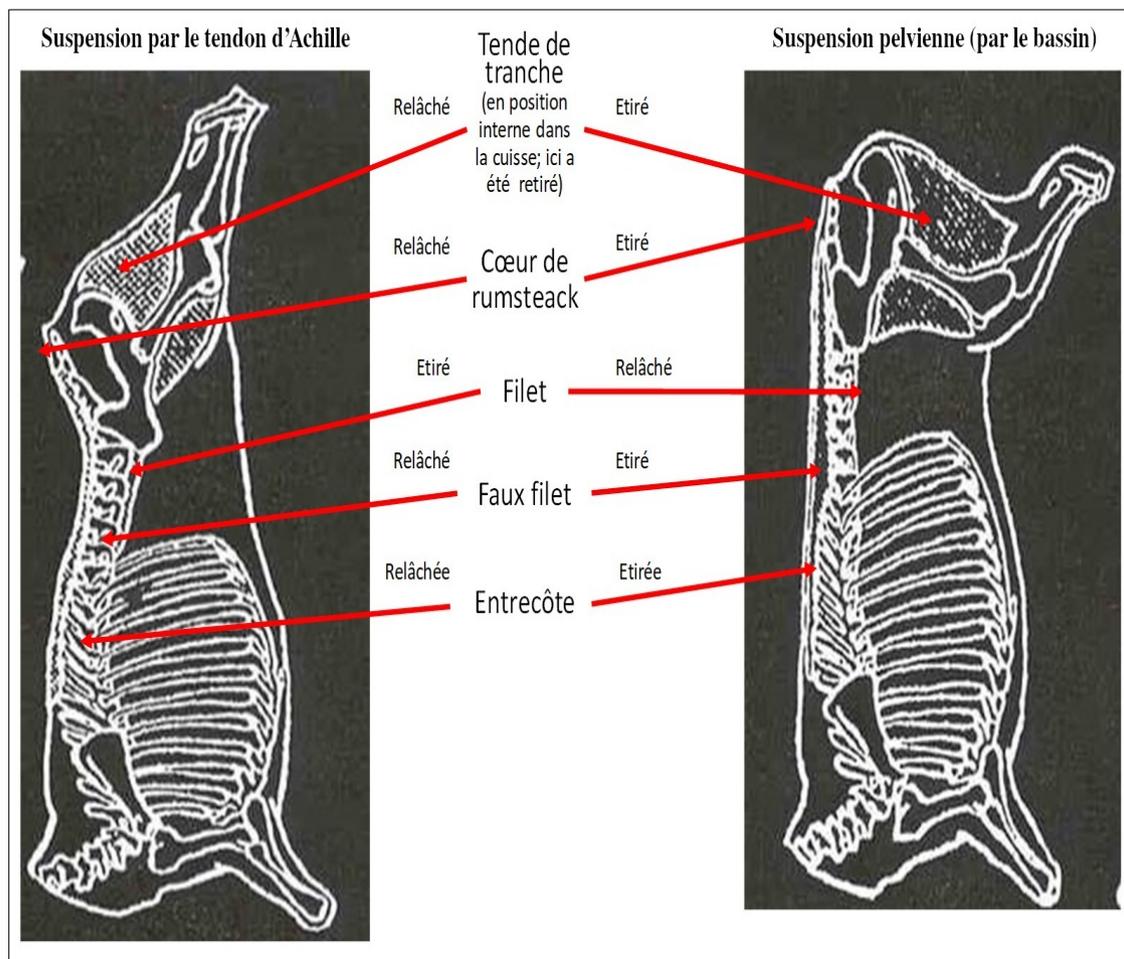


**Figure 17:** La réfrigération des carcasses est un compromis en tendreté et qualité microbologique (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

### 3.3. Le mode de suspension des carcasses

Le mode de suspension des carcasses dans les 2-3 jours suivant la mort (réfrigération et stockage réfrigéré), enjeu remarquable pour la tendreté de certaines viandes. La suspension des carcasses par le bassin, plutôt que par le tendon d'Achille permet d'augmenter la tendreté de la plupart des muscles de l'arrière. Elle est aussi efficace pour ces muscles qu'une semaine de maturation et peut donc remplacer cette dernière, voire renforcer son effet (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; LEGRAND et al., 2021**).

Le mode d'accrochage des carcasses pendant leur entrée en rigor mortis modifie la position des muscles, certains étant étirés, d'autres relâchés ou comprimés (figure n°18, tableau n°X). Ce mode de suspension, en étirant les muscles provoque des cassures des fibres musculaires, d'où une plus grande tendreté (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; LEGRAND et al., 2021**).



**Figure 18:** L'étirement d'une partie de l'arrière, principe de la suspension pelvienne, fait prendre à la carcasse une position proche de celle qu'elle avait du vivant de l'animal (**CARTIER et MOEVI, 2007**).

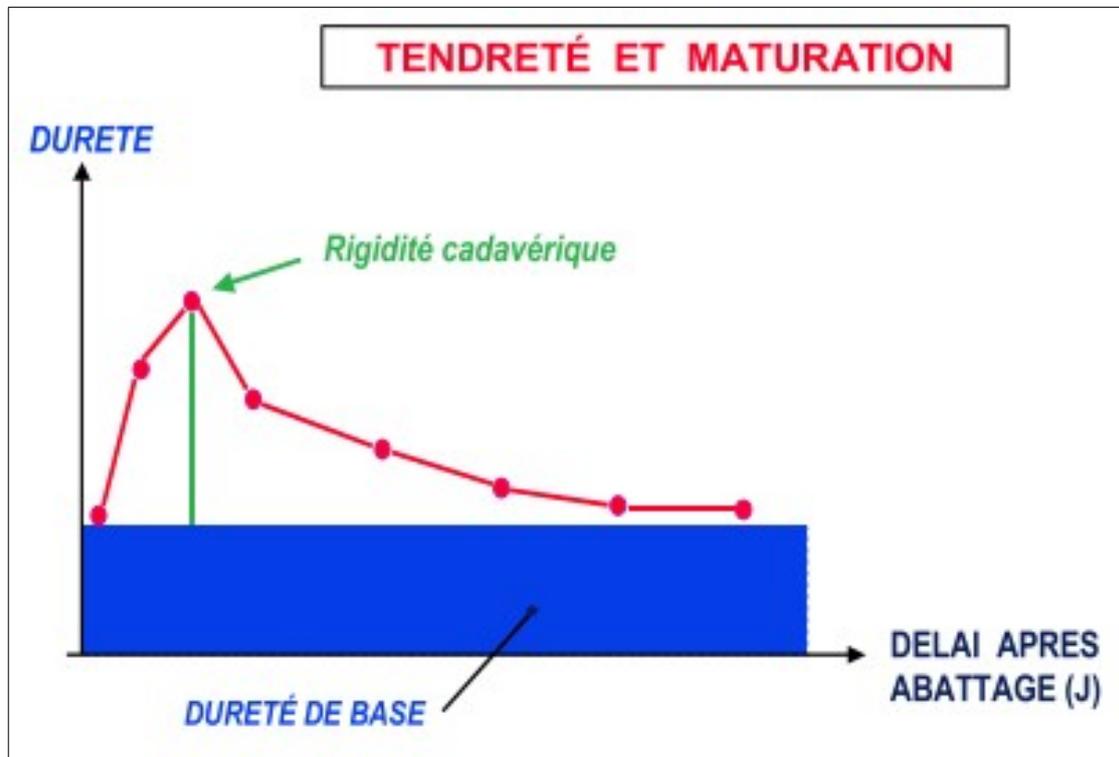
**Tableau X:** Effets comparés de la suspension par le tendon d'Achille (TA) et de la suspension pelvienne (SP) (LEGRAND et al., 2021).

Muscle	Etat du muscle avec TA	Etat du muscle avec SP	Effet sur la tendreté
<b>Faux-Filet</b>	Relâché par l'hyper cambrure de la colonne vertébrale	Étiré par voussure de la colonne vertébrale	SP > TA
<b>Rumsteck</b>	Relâché par le fémur qui s'étend en arrière	Étiré par la fermeture des articulations coxofémorales	SP > TA
<b>Tende de Tranche Semimembraneux</b>	Relâché par l'ouverture de l'angle coxofémorales	Étiré par la fermeture de l'angle coxofémorales	SP > TA + 2 jours de maturation SP = TA + 9 jours de maturation
<b>Tende de Tranche Adducteur</b>	Relâché par l'ouverture de l'angle coxofémorales	Étiré par la fermeture de l'angle coxofémorales	SP > TA
<b>Rond de tranche</b>	Relâché grâce à l'extension du tibia par rapport au fémur	Relâché grâce à l'effet du poids de la jambe par l'articulation du genou	SP = TA
<b>Rond de gîte</b>	Étiré par le poids de la partie avant de la carcasse	Étiré par le poids de la jambe qui retombe	SP = TA
<b>Gîte-noix</b>	Relâché et comprimé par une compression frontale	Relâché et moins comprimé (TA) par une compression latérale	SP > TA + 2 jours de maturation SP = TA + 9 jours de maturation

### 3.4. La maturation des viandes

La maturation est importante pour les muscles potentiellement tendres, peu riches en collagène, car elle résulte de phénomènes enzymatiques qui attaquent les myofibrilles et les désagrègent progressivement, sans modification primordial du collagène, donc de la dureté de base de la viande. L'augmentation de la tendreté est d'autant plus importante que la durée et la température de maturation le sont. Dans la pratique, c'est difficile de jouer sur la température de maturation, considérant l'impact d'une élévation de température sur le développement des micro-organismes. C'est donc sur la durée de maturation qu'il faut intervenir de manière préférentielle (figure n°19). La norme NF V 46-001 recommande 7

jours de maturation sur os ou 10 jours sous vide. Comme pour les autres techniques, il s'agit d'un traitement qui améliore en moyenne la tendreté, mais avec des variations importantes entre muscles, entre catégories d'animaux... donc aucune maturation ne permet d'obtenir à coup sûr une tendreté satisfaisante (CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008).



**Figure 19:** Evolution de la tendreté de la viande sous l'effet de la maturation (CARTIER et MOEVI, 2007).

### 3.5. L' alimentation

La tendreté de la viande est influencée par les conditions nutritionnelles où sont capables de modifier le type de fibres musculaires, la teneur ou la solubilité du collagène, l'importance des réserves énergétiques musculaires (glycogène), ainsi que l'activité des systèmes protéolytiques (COIBION, 2008).

#### 3.5.1. Effet du niveau alimentaire en phase de finition

COIBION (2008), LEBRET et al. (2015) et CASSIGNOL (2018) ont annoncé que la réduction des apports alimentaires avant l'abattage aurait tendance à réduire la tendreté de la viande. La réduction du niveau alimentaire s'accompagne d'une baisse de l'adiposité de la carcasse et du dépôt lipidique intramusculaires. COIBION (2008) a ajouté qu'il y a une

relation limitée entre l'adiposité sous cutanée et la tendreté, une épaisseur de gras sous cutanée de 6 à 10 mm protège les muscles contre la contraction au froid et maintient la température musculaire à un niveau accélère la maturation. Il est bénéfique pour la tendreté lorsque la teneur en gras intramusculaire dépasse 6%. Mais ces teneurs sont incompatibles avec une bonne acceptabilité par le consommateur. Ainsi, l'augmentation du niveau énergétique pendant la phase de finition des ruminants est favorable à l'amélioration de la qualité organique de la viande. En revanche, l'élévation du niveau des apports protéiques, bien qu'améliorant le gain de poids vif et de muscles, s'accompagne d'une réduction de l'adiposité des carcasses, de la teneur en lipides des muscles et donc de la tendreté de la viande.

### **3.5.2. Effet de la croissance compensatrice**

La réalimentation de l'animal consécutive à une restriction entraîne une reprise de la croissance à un niveau supérieur à celui que les animaux auraient atteint s'ils n'avaient pas été restreints, cette croissance compensatrice induit une amélioration de la tendreté de la viande, suite à une augmentation de la néo-synthèse de collagène ; de la proportion de fibres musculaires glycolytiques et de la teneur en LIM (LEBRET et al., 2015).

### **3.6. Les catégories d'animaux**

différences de tendreté entre catégories d'animaux sont un mixte d'effets de l'âge et du sexe, en rapport avec la quantité et l'état du collagène. Par exemple, les femelles fournissent, en moyenne, une viande plus tendre que les mâles. Sachant que la tendreté des femelles et des mâles castrés est toujours supérieure à celle des mâles entiers, Cependant la différence entre les mâles castrés et les femelles est plus discrète mais d'une façon générale, la viande de femelle est plus appréciée pour sa tendreté (CASSIGNOL, 2018). En outre, la gestation et le vêlage n'influent pas sur la tendreté de la viande (CARTIER et MOEVI, 2007). De plus, l'évolution de la tendreté est faible dans la jeunesse de l'animal, mais tend à diminuer quand celui-ci atteint l'âge adulte (CASSIGNOL, 2018).

## **4. Les facteurs de variation de la flaveur**

Les principaux facteurs de variation de la flaveur de la viande sont les facteurs de variation de la teneur et de la composition du gras des morceaux.

#### 4.1. Le muscle et l'individu

Les taux de gras intramusculaire très variables entre les différents muscles de la carcasse. Ainsi, les muscles « blancs », pauvres en pigments colorant, sont généralement moins gras que les « rouges », plus pigmentés. Donc la teneur en lipides intramusculaires est très variable entre muscles ; par exemple la tranche, le rond de gîte représentent des muscles très maigres (0 à 5%), le faux filet, le rumsteack, la bavette aloyau, le collier, le filet, le gîte noix, la macreuse, le tendre de tranche et l'aiguillette baronne représentent quant eux les muscles maigres (0 à 7%) et enfin les muscles gras (0 à 12%) sont une caractéristique pour le paleron et persillé (CARTIER et MOEVI, 2007).

#### 4.2. L'âge, le sexe, le type et la race

Au contraire de la tendreté, la flaveur s'accroît d'une manière progressive avec l'âge des animaux en relation avec l'augmentation de l'adiposité. L'état d'engraissement de l'animal est d'autant plus important que son degré de maturité augmente. Le gras est un dépôt tardif, en vieillissant, la part du gras dans le gain de poids de l'animal devienne importante (d'autant plus les viandes les plus goûteux sont des animaux les plus âgés). La castration est associée à une augmentation de la flaveur, en relation avec l'élévation du taux des lipides intramusculaires. Toutefois, les gras de l'animal ne se déposent pas à la même vitesse : il faut supporter un certain taux de gras sous-cutanés, intermusculaires, et internes pour voir finalement se développer le support de la flaveur de la viande, le gras intramusculaire. Il s'agit, en effet, du gras le plus tardif (figure n°20). La précocité dépend aussi de la race de l'animal, avec des animaux précoces de type laitier ou mixte (CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008 ; LEBRET et al., 2015).

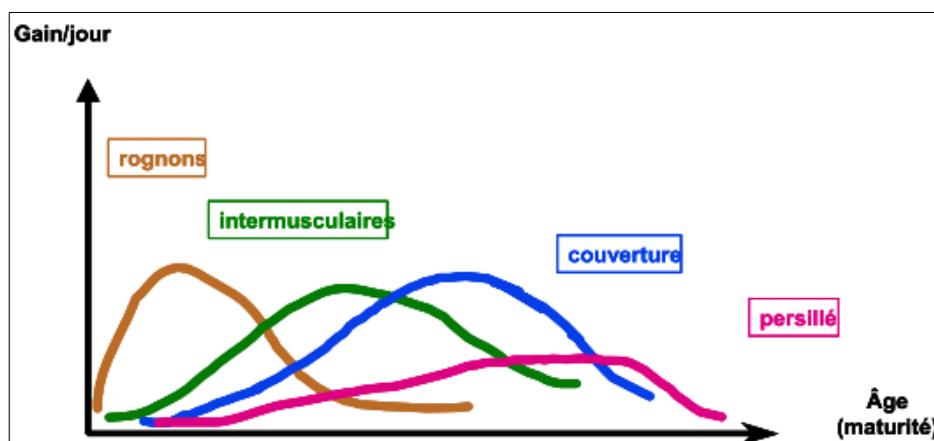


Figure 20: Schéma des dépôts de gras en fonction de l'âge de l'animal (MOEVI, 2006).

### 4.3. L'alimentation

L'augmentation de la croissance en finition (la période prépondérante de dépôt du gras), par l'apport de rations riches en énergie, conduit à une augmentation des gras, n'augmente pas systématiquement la teneur en gras intramusculaire, ainsi la flaveur potentielle des muscles. Pour moduler l'état d'engraissement des animaux, le niveau d'apport énergétique de la ration, ainsi que la durée de la finition sont prépondérants, au-delà du poids d'abattage (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

La flaveur pastorale, chez les ovins élevés à l'herbe qu'en bergerie, résulte des interactions entre le scatole, les acides gras ramifiés à chaîne courte responsables de la flaveur caractéristique de la viande ovine et des produits d'oxydation de l'acide linoléique. Si la prairie est riche en légumineuses (trèfle blanc, luzerne), la flaveur et l'odeur de la viande sont exacerbées, grâce à leur teneur élevée en protéines qui se dégradent rapidement, stimulant la synthèse ruminale de scatole, qui se dépose à proportion dans le tissu gras. La flaveur de la viande bovine est aussi influencée par l'alimentation à l'herbe par rapport à une alimentation à base de céréales en modifiant la nature des acides gras tissulaires qui déterminent les composés volatils formés pendant de la cuisson (**LEBRET et al., 2015**).

### 4.4. La maturation et la conservation

Les artisans bouchers disent que « la bonne viande a besoin de temps », lors de la maturation, c'est au cours de ce phénomène que se forment les précurseurs de la flaveur. Le glycogène est transformé en acide lactique. Le pH ultime de la viande est important car il conditionne l'activation des enzymes nécessaires à la fragmentation des protéines. Ces enzymes qui attendrissent la viande (les protéases) ou transforment les lipides des muscles (les lipases) permettent à la viande d'obtenir son parfum caractéristique, grâce à la formation des molécules aromatiques (**COIBION, 2008 ; CASSIGNOL, 2018**).

En effet, la viande insuffisamment maturée présente un arôme faible. Le développement normal de la flaveur est favorisé par la conservation en conditions normales lors de la maturation. Mais la conservation des viandes à l'air subit forcément des phénomènes d'oxydation : oxydation des pigments, oxydation des graisses (conduit au rancissement), qui s'entretiennent réciproquement. Ces phénomènes oxydatifs sont, très

dépendants de la durée et des conditions de conservation. À cet égard, la pression partielle en oxygène au contact de la viande et la température sont essentielles, que la conservation se fasse en congelé ou en frais, sous forme conditionnée ou en l'état (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

#### 4.5. La cuisson

Dès la mort de l'animal, les phospholipides subissent des dégradations irréversibles par les phénomènes d'hydrolyse et d'oxydation. L'hydrolyse libère des acides gras polyinsaturés à chaîne longue qui prédisposent la viande à l'oxydation au cours de traitements technologiques (**COIBION, 2008**).

La viande crue n'a qu'une saveur limitée liée à la présence d'éléments dissous et de sels minéraux. Les constituants de la saveur (non volatiles responsables de la saveur et volatiles responsables des arômes) sont synthétisés ou libérés au cours de la cuisson. L'arôme des viandes dépend de l'équilibre entre les quantités de produits issus de l'oxydation et de celle des produits issus des réactions de Maillard. C'est les phospholipides qui, après chauffage, donnent sa saveur caractéristique au produit. Ils interviennent dans les réactions de Maillard par l'intermédiaire des produits d'oxydation des acides gras. Ils donnent naissance à de nombreux composés volatils issus de l'oxydation de leurs acides gras insaturés. Ces composés, lorsqu'ils sont présents en concentrations importantes, sont la cause d'apparition de saveurs désagréables caractéristiques des produits rances (**CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008**).

La nature et la concentration des composés volatils, est modifiées par les conditions de cuisson (en atmosphère sèche ou humide), la température et la durée du traitement thermique (tableau n°XI) modifient, influant ainsi sur la saveur de la viande (**COIBION, 2008**).

**Tableau XI:** Influence de la température et la durée de la cuisson sur la saveur (**COIBION, 2008**).

Type de cuisson					
	Humide (étuvage ou braisage)	Sèche			Micro- onde
		Au four (rôti)	Au grill ou à la poêle	friture	
Résultat	Fournit des viandes à saveur intense	Il faut 65 à 70°C à cœur pour obtenir une bonne saveur	Vérifier la vitesse de cuisson pour éviter le brunissement ou la pyrolyse à l'origine de saveur indésirable	Vérifier la nature du corps gras et durée de chauffage	Amoinde les saveurs des viandes

## 5. Les facteurs de variation de la jutosité

La jutosité de la viande reste subjective car elle est très complexe à évaluer, peu importante de point de vue des consommateurs et donc les études sur ce critère sont rares (COIBION, 2008).

### 5.1. L'état d'engraissement

La deuxième jutosité (la salivation engendrée par le gras du morceau, après mastication) de la viande, liée à son persillé, est dans une certaine mesure sous la dépendance de l'état d'engraissement de l'animal (lui-même lié au muscle, à l'âge, à l'alimentation de l'animal...) (CARTIER et MOEVI, 2007).

### 5.2. Le parage

En boucherie, le parage désigne l'action de préparer la viande en lui enlevant les parties non comestibles (excès de graisse d'enveloppe, aponévroses, faisceaux vasculaires et tendineux) avant son piéçage (tranchage des muscles en fonction de leur destination finale : rôti, escalope, steak, côte, etc.) (MEYER, 2021). Il ne faut pas trop parer les muscles et/ou les animaux potentiellement maigres, pour préserver la jutosité (CARTIER et MOEVI, 2007).

### 5.3. La cuisson

Des modifications importantes de la structure des protéines et une diminution de la solubilité des protéines sarcoplasmiques lors de l'élévation de la température. Ces phénomènes s'accompagnent d'une diminution du pouvoir de rétention d'eau, d'une rupture des liaisons de l'eau suivie de sa migration en dehors du morceau. Cette migration détermine les pertes de poids de la viande à la cuisson (COIBION, 2008).

Certaines quantités d'eau sont susceptibles de migrer hors du morceau, dès 40°C (modification du pouvoir de rétention d'eau), si les conditions de chauffage lui en laissent le temps (CARTIER et MOEVI, 2007 ; COIBION, 2008) :

- ◆ Lorsque la cuisson est pratiquée surtout en milieu sec, elle doit faire l'objet de toutes les attentions, par exemple, un allongement de la durée et/ou une augmentation de la

température de cuisson conduisent à un durcissement et un assèchement du morceau, surtout pour les morceaux à cuisson rapide ;

- ◆ Quand la cuisson est pratiquée en atmosphère humide, selon le mode de cuisson retenu, des différences de jutosité existent aussi, car la viande garde plus de jus lorsqu'elle est plongée dans un bouillon déjà chaud, que lorsqu'elle est placée dans l'eau froide au démarrage de la cuisson.

# **CHAPITRE IV.**

---

## **Les viandes dans l'alimentation humaine**

---

## Chapitre IV. Les viandes dans l'alimentation humaine

### 1. Présentation

Les principales relations entre la consommation des viandes rouges et la santé humaine, peuvent être vues sous trois angles. Le premier couvre la couverture des besoins nutritionnels humains. Le deuxième représente les associations positives ou négatives entre le niveau de consommation de viandes rouges et le développement de maladies chroniques liées à l'alimentation. Le troisième concerne la sécurité sanitaire surtout les maladies alimentaires d'origine microbiologique ou les contaminations chimiques (**PRACHE et al., 2021**).

De nombreuses maladies d'origine alimentaire font partie du lien entre abondance, changement d'alimentation et vague d'obésité. De plus en plus des études scientifiques révèlent que la consommation en grande quantité de viande rouge, est associée à un risque accru de plusieurs maladies chroniques, comme certains cancers, certains diabètes, des maladies neuro-dégénératives, cardiovasculaires. La meilleure stratégie pour les combattre est d'abord de les prévenir, car il y a une relation entre ces maladies et les pratiques nutritionnelles. Il est donc nécessaire d'avoir des données fiables sur la teneur en nutriments de chaque type de viande (**LEVERVE, 2010 ; JUNEAU, 2020**).

### 2. Apports nutritionnels conseillés

#### 2.1. Apports en protéines

La viande cuite couvrent très bien les apports conseillés en chacun des acides aminés indispensables. Ainsi 100g de viande représente entre 70% et 200% des Apports Nutritionnels Conseillés (ANC) pour un homme adulte, selon les acides aminés, le morceau de viande, le mode et le degré de cuisson, quelle que soit l'espèce animale. Le meilleur taux de couverture est observé pour les acides aminés soufrés (méthionine et cystéine avec 120 à 220%. Celui de la lysine est également conséquent avec 80 à 130% (**DUCHÈNE et GANDEMER, 2016**).

## 2.2. Apports en lipides

Les viandes cuites restent de faibles contributrices aux apports nutritionnels conseillés en acides gras indispensables. Même si les teneurs en lipides sont plus élevées, pour la majorité des morceaux considérés, les apports en acides gras saturés et mono-insaturés des viandes cuites peuvent être considérés comme modérés au regard des recommandations journalières (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016 ; CELAGRI, 2020).

## 2.3. Apports en vitamines

La vitamine B12 dans 100 g de viandes cuites peut contribuer à couvrir entre 50 et 100% des ANC, et la vitamine B3 entre 30 et 50% des ANC, alors que la teneur en vitamine B6 de 100 g des viandes grillées, poêlées ou rôties, couvre 10 à 40% des ANC d'un homme adulte (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016 ; CELAGRI, 2020).

## 2.4. Apports en Fer

La meilleure source alimentaire de fer hémique (fer ferreux (++)), mieux absorbé que le fer ferrique (+++) des végétaux) est représentée par les viandes (UNESS, 2010). Compte tenu du coefficient d'absorption optimal du fer hémique, le taux de couverture est estimé à 45% des ANC pour les hommes et 26% pour les femmes (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016 ; CELAGRI, 2020).

## 2.5. Apports en Zinc

Les ANC en Zinc d'un homme adulte, apportés par 100 g de viande grillée, poêlée ou rôtie sont de l'ordre de 20 à 70% et peuvent même arrivés à 80% pour une viande braisée ou bouillie (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

## 2.6. Apports en Sélénium

Les ANC en sélénium d'un homme adulte, apportés par 100 g de viande de bœuf grillée, poêlée ou rôtie sont de 18 à 25% (DUCHÈNE et GANDEMER, 2016).

La viande rouge maigre présente un faible apport en énergie et en lipides, tout en permettant de couvrir une part importante des apports journaliers recommandés en divers nutriments essentiels (tableau n°XII). La viande en quantités modérées, a sa place dans la pyramide alimentaire pour ses apports en nutriments essentiels. C'est sa qualité élevée des protéines qui contiennent tous les acides aminés essentiels et ses sels minéraux et vitamines

(riche en Fer et B12) qui donnent son importance aux viandes. Sur le plan nutritionnel, il faut composer entre excès et carences. Il n'existe pas de taille de portion de viande idéale : la quantité varie en fonction de la fréquence de consommation (deux, trois, quatre fois par semaine ou plus) et des besoins de chacun (enfant, adolescent, femme, homme, senior, sportif, femme enceinte...) (CELAGRI, 2020).

**Tableau XII:** Apports Journaliers Recommandés fournis par 100 g de viande rouge (en % des AJR) pour différents nutriments essentiels (CELAGRI, 2020).

Nutriments	Beefsteak de bœuf maigre	Gigot d'agneau
Énergie	5%	6%
Lipides	1%	7%
Protéines	46%	40%
Fer	17%	11%
Zinc	50%	30%
Sélénium	44%	14%
Vitamine B12	50%	88%
Vitamine B3	33%	41%
Vitamine B6	39%	21%

### 3. Incidences sur les maladies chroniques

Selon INERAE (2020) des associations sont établies par les études d'épidémiologie nutritionnelle entre la consommation de viande rouge et le risque accru ou diminué face à certaines maladies chroniques, comme le diabète, l'obésité, les cancers, les maladies cardiovasculaires (MCV) et neurodégénératives (MAMA : maladie d'Alzheimer et apparentées).

LECERF (2014) a averti qu'il faut rappeler que toutes ces pathologies de surcharge, métaboliques et dégénératives sont multifactorielles car non seulement les facteurs nutritionnels sont multiples, mais il existe aussi d'autres facteurs associés non modifiables (âge, hérédité ...) ou modifiables (consommation la viande de porc, tabac, sédentarité, alcool...). Sur le plan nutritionnel, il faut bien-sûr considérer les associations et combinaisons alimentaires s'inscrivant dans des styles alimentaires complexes, et la présence ou non de facteurs nutritionnels protecteurs, ou de facteurs aggravant.

### 3.1. Maladie cardiovasculaire

L'alimentation est parmi les facteurs de risque de maladies cardio-vasculaires (MCV), qui joue un rôle qui peut être délétère ou bien protecteur. Ces maladies incluent les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux (AVC), les artériopathies périphériques dont l'hypertension, les cardiopathies rhumatismales, les malformations cardiaques congénitales, les thromboses veineuses profondes et les embolies pulmonaires (**PRACHE et al., 2021**).

Les données d'une étude prospective américaine indiquent qu'une consommation modérée de viande (deux portions/semaine) est associée à une augmentation significative du risque de MCV avec 7 % pour la viande transformée ; 3 % pour la viande non transformée. Pour chaque portion de 100 g/jour de viande rouge non transformée, le risque augmentait de 15 % alors que 24 % pour chaque portion de 50 g/jour viande transformée (**JUNEAU, 2020**).

D'après PRACHE et al. (2021), deux méta-analyses parues en 2012 ont porté spécifiquement sur les MCV. Elles complètent des travaux plus nombreux ciblant des pathologies précises (AVC, maladie coronarienne, hypertension, etc.) et ceux précités sur les risques de mortalité prématurée. Les associations les plus solides concernent les charcuteries pour toutes les MCV et la viande de boucherie pour le risque d'AVC. Les scientifiques expliquent le risque accru de MCV par la richesse en graisses saturées des charcuteries et viandes de boucherie, et inversement les effets protecteurs de la consommation de poissons par leur teneur en acides gras oméga-3. L'analyse de la littérature suggère que ces acides gras ont des effets anti-inflammatoires et anti-arythmiques sur le cœur, agissant ainsi sur les principaux facteurs de risque des MCV. Cependant, des données récentes montrent que la diminution de la consommation de graisses saturées ou bien leur remplacement par des AGPI ne réduisent pas l'incidence des MCV. D'autres hypothèses s'orientent vers le fer héminique ou vers la teneur en sel des produits animaux transformés (certaines charcuteries, fromages), qui est impliquée dans l'hypertension artérielle.

#### 3.1.1. Accident vasculaire cérébral

WOLK et JUNEAU (**WOLK, 2017 ; JUNEAU, 2020**) ont ajouté que l'ensemble des données de certaines recherches indiquent que la consommation de viandes rouges, transformées ou non transformées, augmente le risque d'accident vasculaire cérébral (AVC).

Le risque augmente avec la quantité de viande rouge consommée : 13 % et 11 % pour chaque portion de viande rouge non transformée (100 g) ou transformée (50 g).

### **3.1.2. Maladie coronarienne**

Une méta-analyse de trois études prospectives et d'une étude cas-témoin, n'a pas établi d'association entre la consommation de viande rouge non transformée et le risque de maladie coronarienne. La méta-analyse, d'une autre étude avec des données de la *Nurses's Health Study*, montre une augmentation significative du risque de maladie coronarienne de 19 % par portion de viande rouge non transformée. Une méta-analyse de six études sur la relation dose-effet indique que chaque portion (50 g) de viande transformée consommée quotidiennement augmente le risque de maladie coronarienne de 42 %. Alors que il n'y a pas d'augmentation significative du risque de maladie coronarienne pour la consommation de viande rouge non transformée, dans cette étude. Cependant, la majorité des études épidémiologiques publiées à ce jour indiquent que la consommation de viandes rouges, transformées ou non transformées, augmente le risque de maladie coronarienne (WOLK, 2017 ; JUNEAU, 2020).

### **3.1.3. Insuffisance cardiaque**

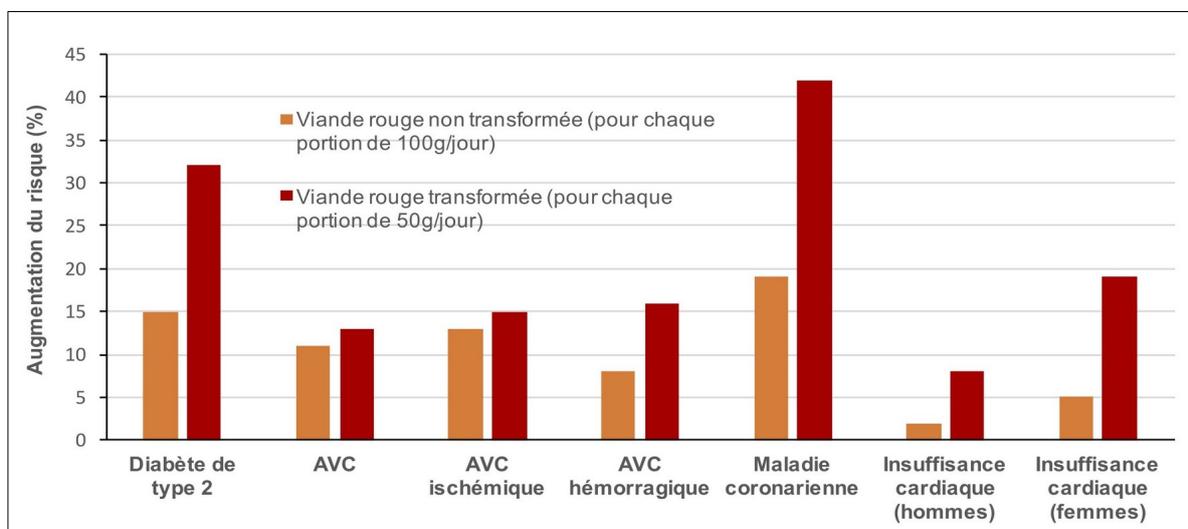
JUNEAU (2020) a inclus que quatre études prospectives seulement, qui n'ont pas encore été résumées dans une méta-analyse, sur l'association entre le risque d'insuffisance cardiaque (IC) et la consommation de viande rouge. La consommation de viande rouge non transformée n'était pas associée à un risque plus élevé d'IC ou de mortalité causée par l'IC. Toutefois, des associations ont été identifiées pour la consommation de viande rouge transformée : 8 % d'augmentation du risque d'IC pour chaque portion de 50 g/jour et 38 % d'augmentation du risque de mortalité causée par l'IC. Le risque d'IC augmentait de 11 % pour chaque portion de 50 g/jour de viande rouge transformée et de 19 % dans les analyses basées sur les données à long terme.

## **3.2. Diabète de type 2**

Les auteurs WOLK (2017) et JUNEAU (2020) indiquent que les nitrates (-NO<sub>2</sub>) et nitrites (-NO<sub>3</sub>) utilisés comme agent de conservation dans les procédés de transformation de la viande sont transformés en nitrosamines en se liant à des composés aminés (présents dans la nourriture et dans l'estomac). Ces nitrosamines sont toxiques pour les cellules bêta du

pancréas, qui contribuent à la diminution de la sécrétion d'insuline et l'augmentation du risque de diabète de type 2, à endommager l'ADN, à générer des dérivés réactifs de l'oxygène qui sont impliqués dans la formation d'adduits sur les protéines, la peroxydation des lipides et l'activation de cytokines pro-inflammatoires.

Les gros consommateurs de charcuteries (viandes transformées) et de viandes de boucherie (viandes non transformées) ont plus de risque de développer un diabète de type 2. La plus récente méta-analyse indique que le risque de diabète de type 2 augmente de 15 % pour chaque portion (100 g/jour) de viande rouge non transformée et de 32 % pour chaque portion (50 g/jour) de viande transformée (figure n°21). Les mécanismes expliquant le diabète de type 2 pointent, entre autres facteurs, des perturbations dans le métabolisme aboutissant à une hyperglycémie. Les composés de la viande rouge transformée qui contribuent à l'augmentation du risque de diabète de type 2 n'ont pas encore été identifiés avec certitude, mais plusieurs composés ont été proposés, incluant les acides aminés ramifiés, les acides gras saturés, les produits terminaux de glycation, le fer héminique, nitrite, nitrate, nitrosamine, phosphatidylcholine et L-carnitine (JUNEAU, 2020 ; PRACHE et al., 2021).



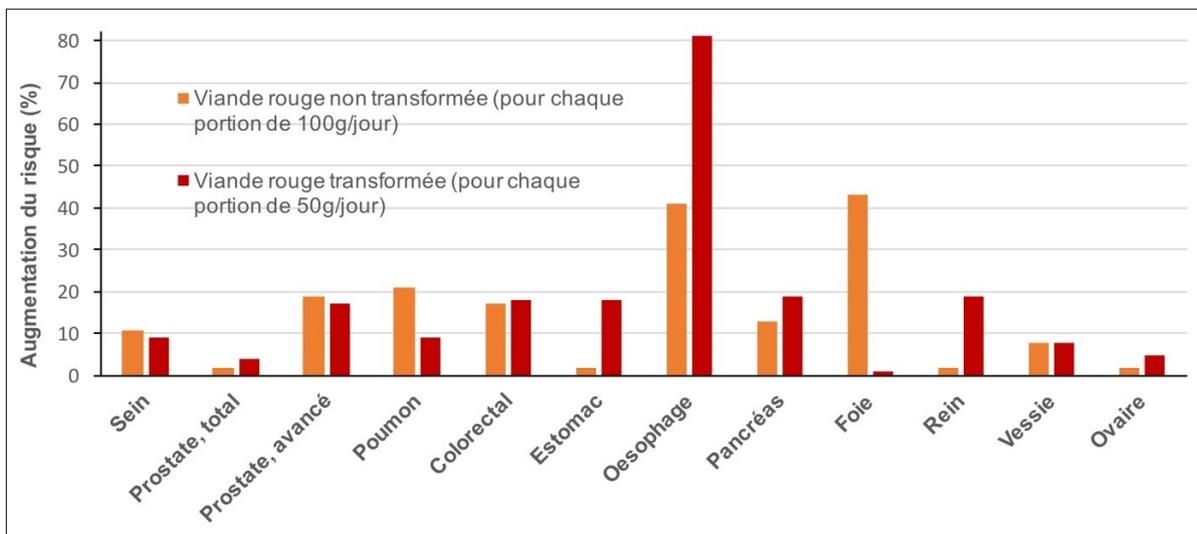
**Figure 21:** Risques associés à la consommation de viande rouge non transformée ou transformée et l'incidence de diabète de type 2 et de maladies cardiovasculaires (JUNEAU, 2020).

### 3.3. Cancer

En 2015, le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) à Lyon (France) a conclu, sur la base des données disponibles pour le cancer colorectal, que la consommation de viande transformée est cancérogène pour l'humain et que la viande rouge non

transformée est « probablement cancérigène » (figure n°22) (JUNEAU, 2020 ; PRACHE et al., 2021).

PRACHE et al. (2021) confirment que les mécanismes biologiques expliquant les associations entre consommations de produits animaux et cancers ne sont pas toujours bien identifiés, sauf pour celles concernant les viandes rouges et charcuteries et le cancer colorectal. Dans ce cas, les hypothèses s'orientent sur les effets pro-inflammatoires, pro-oxydants ou cancérigènes associés à des composés néoformés, mais aussi à des nutriments, notamment le fer héminique. La consommation de fer héminique, apporté principalement par la myoglobine des produits carnés (et l'hémoglobine pour le boudin noir), est associée au risque de cancer colorectal. L'effet carcinogène résulterait potentiellement de la peroxydation des lipides produisant des molécules génotoxiques et cytotoxiques (aldéhydes) ou de la nitrosylation du fer héminique pour les charcuteries. Des études sur modèles animaux ont démontré cet effet promoteur sur la carcinogenèse colorectale. Pour les personnes peu sensibles aux recommandations de limiter leur consommation de viande rouge et de charcuteries, une proposition est d'associer ces aliments au cours du repas avec des aliments riches en antioxydants afin de limiter la peroxydation lipidique.



**Figure 22:** Risques associés à la consommation de viande rouge non transformée ou transformée et l'incidence de différents types de cancer (JUNEAU, 2020).

### 3.4. Santé mentale

Selon une étude prospective américaine, la consommation de viandes traitées avec des sels nitrés a été associée à un risque plus élevé d'expérimenter un épisode maniaque. Parmi

les participants de la cohorte qui avaient un historique de trouble psychiatrique, ceux qui ont rapporté avoir mangé des charcuteries avaient un risque 3,5 fois plus élevé d'avoir un épisode maniaque. Par contre, la consommation de charcuteries n'était pas associée à d'autres symptômes ou diagnostics psychiatriques. Parmi les différents types de charcuteries, ce sont les viandes de type « *jerky* » (viande salaisonnée et séchée) qui étaient davantage associées à un risque accru d'expérimenter un épisode maniaque. La consommation d'autres types de charcuteries préparées par déshydratation, tel le *prosciutto* et le salami n'étaient pas associées à une augmentation d'épisodes maniaques (JUNEAU, 2020).

#### 4. Risques sanitaires microbiologiques et chimiques

Jusqu'au XIX<sup>ème</sup> siècle, les risques sanitaires liés à l'alimentation étaient situés dans l'environnement naturel, dorénavant ils sont associés aux interventions humaines. Depuis la crise de la vache folle (encéphalopathie spongiforme bovine), sans être généralement associées à des risques sanitaires, les fraudes qui entachent les filières agroalimentaires animales accentuent une certaine défiance envers les aliments d'origine animale. La frise chronologique (figure n°23) synthétise les principaux événements sanitaires et politiques qui ont marqué les vingt-cinq dernières années (PRACHE et al., 2021).

Les possibles contaminations des aliments d'origine animale sont liées à l'environnement, à l'alimentation des animaux, à la transformation et aux pratiques de consommation (figure n°24). La problématique spécifique à l'usage d'antibiotiques pose la double question des résidus dans les aliments et du développement de l'antibiorésistance. Peu de travaux de recherche fournissent des données sur les résidus médicamenteux, de pesticides ou d'autres micropolluants dans les aliments d'origine animale. Cependant, des travaux montrent que l'incidence réelle de ces toxi-infections est vraisemblablement sous-estimée. Quant aux polluants chimiques, les aliments d'origine animale sont les plus forts contributeurs en polluants organiques persistants dans l'alimentation humaine (INRAE, 2020). L'identification des catégories d'aliments à l'origine de l'exposition des consommateurs aux contaminations chimiques ou microbiologiques ou même remonter des aliments aux modes de production, de transformation ou de préparation à l'origine des contaminations n'est pas un exercice trivial (PRACHE et al., 2021).

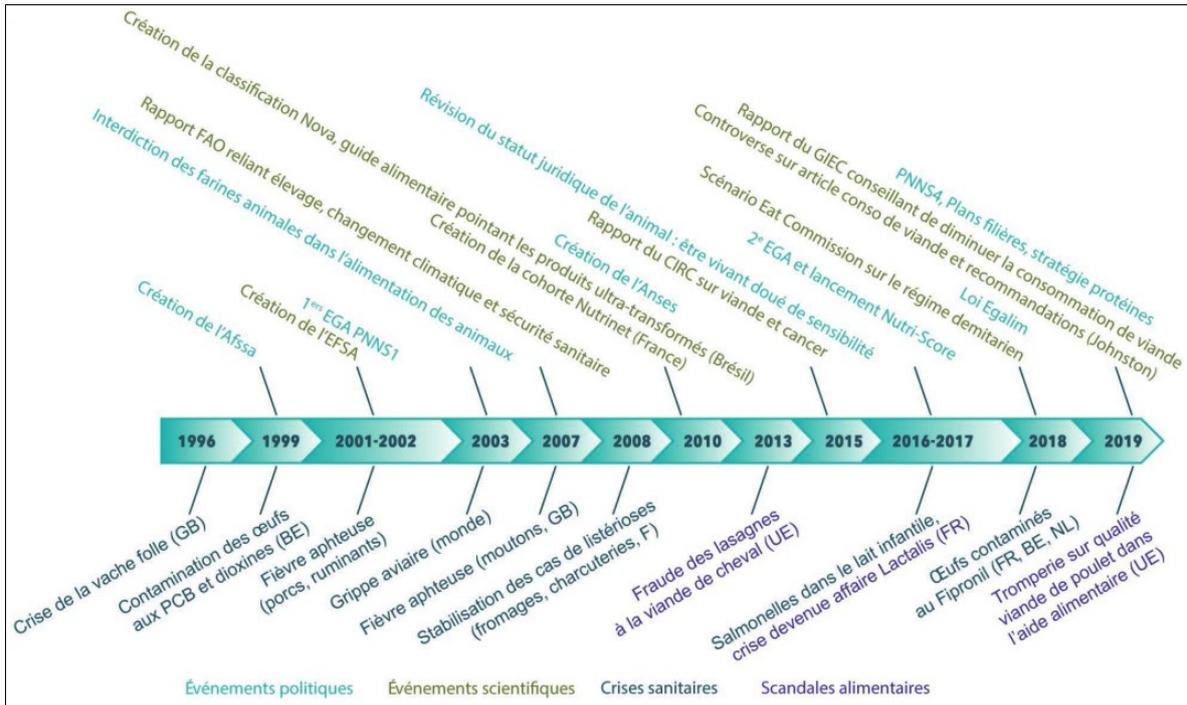


Figure 23: Chronologie des crises sanitaires, scandales alimentaires, événements scientifiques et politiques marquants depuis vingt-cinq ans (PRACHE et al., 2021).

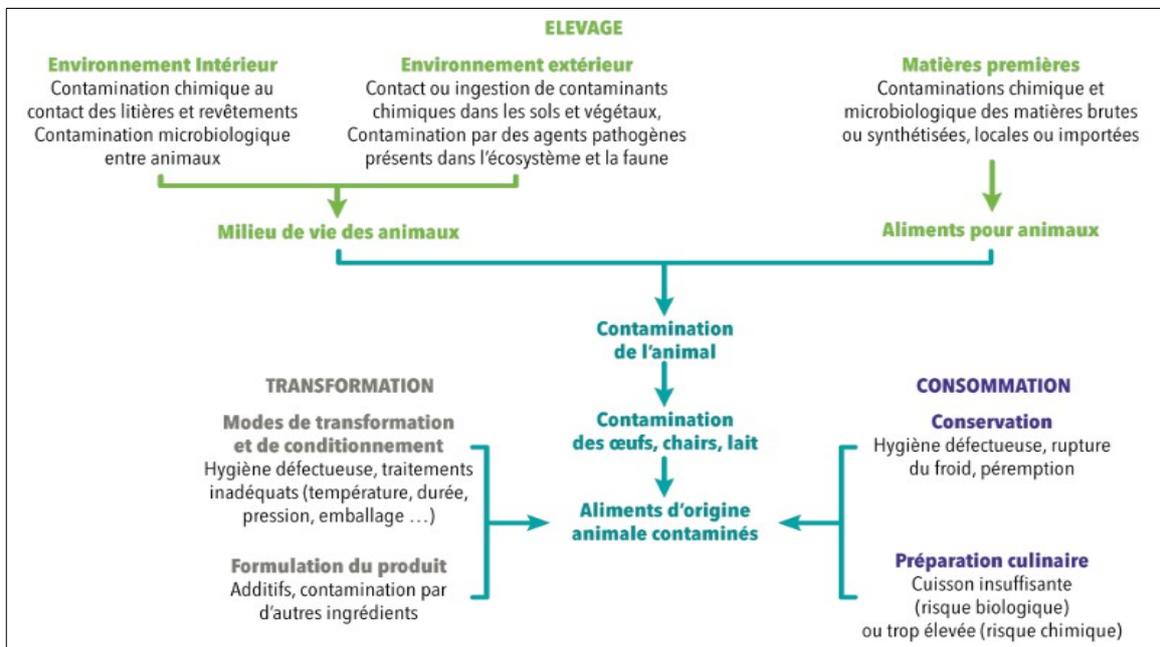


Figure 24: Les voies de contaminations microbiologiques et chimiques des aliments d'origine animale (INRAE, 2020).

#### **4.1. Contaminations biologiques**

L'institut de l'INRAE (2020) confirme que les contaminations microbiologiques des produits animaux incluent les bactéries, virus et parasites dont les animaux sont les principaux réservoirs. Ils se propagent par les contacts entre animaux au sein des troupeaux et par les interactions avec des animaux sauvages qui peuvent être des réservoirs de pathogènes. PRACHE et al. (2021) ont ajouté que les dangers microbiologiques peuvent aussi être introduits au cours de la transformation alimentaire et la préparation culinaire, lorsque les conditions d'hygiène sont insuffisantes ou les procédés inadéquats. La gravité des pathologies varie fortement d'un agent biologique à l'autre, pouvant aller d'une simple gastro-entérite (norovirus) à la mort (*Listeria*, *Salmonella*), ou à une morbidité élevée (syndrome urémique hémolytique pour les STEC, par exemple).

#### **4.2. Contaminations chimiques**

Les modes d'élevage, les procédés de transformation et les modes de consommation jouent un rôle important dans les voies de contamination possibles. Les contaminants chimiques concernent les éléments-traces métalliques, des polluants organiques persistants (POP) comme dioxines, furanes et polychlorobiphényles (PCB, etc.), présents dans l'air, le sol ou l'eau ; des composés présents dans les aliments pour animaux d'élevage (comme des résidus de pesticides, mycotoxines, méthyl-mercure dans les farines provenant de poissons de mer). Ces contaminants s'accumulent le long de la chaîne alimentaire, contamination de l'animal par ce qu'il a mangé ou par son milieu de vie. Ils peuvent par ailleurs résulter de procédés de transformation. L'effet de la transformation sur les risques chimiques est encore peu documenté, l'échelle domestique étant rarement étudiée. La toxicité et le niveau d'exposition aux produits néoformés au cours de la cuisson sont peu connus, de même que l'effet cocktail relatif aux possibles interactions entre contaminants chimiques. Cet effet cocktail est d'ailleurs mis en cause dans les risques provenant des matériaux d'emballage en contact avec les aliments. Les additifs entrant dans la formulation des aliments sont également concernés par de possibles effets cocktails (JUNEAU, 2020 ; PRACHE et al., 2021 ; INRAE, 2020).

## CONCLUSION

Une grande complexité se constitue lors de l'évaluation des qualités organoleptiques d'un aliment car les jugements subjectifs interfèrent extrêmement. En effet, non seulement la consommation de la viande rouge est variable suivant les modes de préparation, les habitudes culinaire et le niveau d'aisance financière mais aussi sur l'évolution du complexe physico-chimique du muscle lui même.

En outre, l'abondance au sein d'un muscle des différents types de fibres et d'adipocytes intramusculaires et de l'orientation de leurs activités métaboliques, interviennent dans la qualité organoleptique des viandes rouges, principalement la qualité sensorielle qui englobe la couleur, la tendreté, la flaveur et la jutosité.

Par contre les proportions des divers composants (fibres musculaires, tissu conjonctif et tissu adipeux) sont modifiées par de nombreux facteurs comme les facteurs biologiques qui sont liés au muscle ou à l'animal (race, sexe, âge, individu...), les facteurs zootechniques, liés au type d'élevage (mode de conduite, alimentation, logement, exercice physique...) et puis les facteurs technologiques de valorisation et de transformation. Ces facteurs interagissent fortement entre eux aussi. Ainsi, par ces derniers et dans le but de contrôler et maîtriser la qualité des viandes rouges en réponse aux attentes des producteurs, transformateurs et consommateurs, il y a une relative possibilité de manipuler indépendamment les caractéristiques de ces trois principaux constituants musculaires.

## Références bibliographiques

- AGRONOMIE INFO. *Qualités de la viande-Agronomie*. [En ligne]. Créé en s. d. [<https://agronomie.info/fr/qualites-de-viande/>], (consulté le 31 juillet 2021).
- AGRONOMIE INFO. *Viande-Agronomie*. [En ligne]. Créé en s. d. [<https://agronomie.info/fr/viande/>], (consulté le 13 juillet 2021).
- A.N.S.E.S. *Ciqual Table de composition nutritionnelle des aliments*. [En ligne]. Créé en 2020 [<https://ciqual.anses.fr/>], (consulté le 04 août 2021).
- BABADJI K et ZEBBAR Z., 2018 -*L'effet de l'ajout des composés phénoliques extraites de la fraise et la betterave rouge sur le stress oxydatif de la viande ovine*. Mém. Master en Agronomie. Fac. Sci Natu. Vie, Univ. Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 124 p.
- BONNEAU M., TOURAILLE C., PARDON P., LEBA F., FAUCONNEAU B., et REMIGNON H., 1996 -Amélioration de la qualité des carcasses et des viandes. *INRA Prod. Anim. Hors série* : 95-110.
- CARTIER P et MOEVI I., 2007 -*Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. Compte rendu final n° 17 05 32 022. INTERBEV*, Paris, 72 p.
- CASSIGNOL V. *Facteurs déterminant la qualité sensorielle de la viande bovine : quelle importance de la race ?*. [En ligne]. Créé en 12 février 2018 [<https://www.viandesetproduitscarnes.com>], (consulté le 26 avril 2021).
- CELAGRI., 2020 -*Dossier nutrition - santé « Viande rouge et viande transformée »*. Brochure de la Cellule d'Information Agriculture (CELAGRI), Wallonie (Belgique), 18 p.
- C.I.V., 2006 -*Découvrir les qualités organoleptiques de la viande*. Brochure du Centre d'Information des viandes (C.I.V.), Paris, 8 p.
- COIBION L., 2008 -*Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : Adaptation à la demande du consommateur*. Thèse de docteur vétérinaire. Univ. Paul-Sabatier, Toulouse, 97 p.
- COLONNA P., *ALIMENTATION (Aliments) - Technologies de production et de conservation, La qualité des aliments - Encyclopædia Universalis*. [En ligne]. Créé en s.d. [<https://www.universalis.fr/encyclopedie/alimentation-aliments-technologies-de-production-et-de-conservation>], (consulté le 29 juillet 2021).
- U.E., -*Grille communautaire de classement des carcasses de gros bovins.*, Publication de l'Union Européenne (U.E.). [En ligne]. Publié en 26 octobre 1994 [<https://op.europa.eu>], (consulté le 14 juillet 2021).

- DUCHÈNE C. et GANDEMER G., 2015 -*Valeurs nutritionnelles des viandes cuites Effets de la cuisson sur la composition des viandes*. Éd. Centre d'Information des viandes(C.I.V.), Paris, 96 p.
- DUCHÈNE C. et GANDEMER G. *Valeurs nutritionnelles des viandes "Effets de la cuisson sur la composition des viandes "*. [En ligne]. Créé en 13 septembre 2016 [<https://www.viandesetproduitscarnes.com>], (consulté le 14 août 2021).
- F.A.O., 2004 Vingt-quatrième conférence régionale de la fao pour l'europe. *Sécurité sanitaire et qualités des aliments en europe: aspects relatifs à la qualité, à l'équilibre nutritionnel, à l'importance des terres agricoles et au patrimoine culturel « terroirs »*, 5-7 mai 2004, Montpellier, France.
- F.A.O., *Division de la production et de la santé animales*. [En ligne]. Mise à jour en 25 novembre 2014 [<http://www.fao.org>], (consulté le 31 juillet 2021).
- FAYE B., ABDELHADI O., RAIYMBEK G., KADIM I., et HOCQUETTE J. F., 2013 -La production de viande de chameau : État des connaissances, situation actuelle et perspectives. *INRA Prod. Anim.*, 26 (3), 289-300.
- FAYE B, ABDELHADI O, RAIYMBEK G, et KADIM I. *Filière viande de chameau et critères de qualité*. [En ligne]. Créé en 25 juillet 2013 [<https://www.viandesetproduitscarnes.com>], (consulté le 27 mai 2021).
- FRANCE.AGRIMER., 2010 -Les guides Pesée / Classement / Marquage, Guide technique et réglementaire, Gros bovins Veaux Ovins Porcs., Ed. FranceAgriMer, Montreuil (France), 234 p.
- GAGAOUA M., 2015 -*Biomarqueurs des qualités sensorielles de la viande bovine : (Compréhension des mécanismes et prédiction)*. Thèse de Doctorat, I.N.A.T.A.A., Univ. Frères Mentouri, Constantine, 402 p.
- HUTU I., 2020 -La production de viande. *La production animalière*. Cours universitaire, Univ. Roi Michel Ier, Timișoara (Roumanie), 69-90 p.
- DENOYELLE C. et LECLERC M-C., *L'analyse des qualités sensorielles des viandes*. Institut de l'Élevage. [En ligne]. Créé en 04 octobre 2012 [<https://idele.fr>], (consulté le 02 juillet 2021).
- I.N.R.A.E., 2020 -*La qualité des aliments d'origine animale selon les conditions de production et de transformation (Résumé de l'Expertise scientifique collective - Mai 2020)*. Brochure de l' I.N.R.A.E., Paris, 12p.
- PAGÈS M. *La-viande.fr | Tout sur la viande : Bœuf, Veau, Agneau, Porc, Cheval et produits tripiers*. Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes. [En ligne]. Créé en s.d. [<https://www.la-viande.fr/>], (consulté le 04 juillet 2021).

- I.T.E.L.V., 2019 -*Suivi des prix du cheptel vivant, des viandes et intrants alimentaires*. Ed. Institut technique des élevages (I.T.E.L.V.), Alger, 12 p.
- JUNEAU M. *Les risques potentiels pour la santé de la consommation des viandes rouges. Observatoire de la prévention*. [En ligne]. Mise à jour 2 avril 2020 [<https://observatoireprevention.org/>], (consulté le 2 septembre 2021).
- KADIM I. T., MAHGOUB O. et PURCHAS R. W., 2008 -A review of the growth, and of the carcass and meat quality characteristics of the one-humped camel (*Camelus dromedaries*). *Meat Science* 80 (3): 555-569.
- KEDDAM R., 2005 -*Composition biochimique et propriétés organoleptiques de la viande d'agneaux nourris aux glands de chêne vert (Quercus ilex)*. Thèse de Doctorat, Fac. Sci Natu. Vie, Univ. Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 173 p.
- KHENNOUFA S et MAAMIR I., 2018 -*Contribution à l'étude de la qualité microbiologique de viande bovine commercialisée dans la région d'El- Oued*. Mém. Master en biologie. Fac. Sci Natu. Vie, Univ. Echahid Hamma Lakhdar, El Oued, 84 p.
- LAMBERT L. *Le classement EUROP des viandes de boucherie*. [En ligne]. Créé en 2020 [<https://www.bloc-notes-culinaire.com>], (consulté le 14 juillet 2021).
- LAROUSSE., s.d., Viande. Dans *Dictionnaire* [En ligne]. sur [<https://www.larousse.fr>], (consulté le 1 octobre 2021).
- LEBRET B., PRACHE S., BERRI C., LEFÈVRE F., BAUCHART D., PICARD B., CORRAZE G., MÉDALE F., FAURE J. et ALAMI-DURANTE H., 2015 -Qualités des viandes: Influences des caractéristiques des animaux et de leurs conditions d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 28 (2), 151-168.
- LECERF J-M., *La place de la viande dans la nutrition humaine Intérêt nutritionnel et effets sur la santé de la consommation de viande*. [En ligne]. Créé en 04 novembre 2014 [<https://www.viandesetproduitscarnes.com>], (consulté le 20 septembre 2021).
- LEGRAND I., HOCQUETTE J-F., DENOYELLE C. et BIÈCHE-TERRIER C., 2016 -La gestion des nombreux critères de qualité de la viande bovine : une approche complexe. *INRA Prod. Anim.*, 29 (3) : 185-200.
- LEGRAND I., POLKINGHORNE R., DENOYELLE C., TRIBOT LASPIÈRE P., BRU P. et HOCQUETTE J-F., *Suspension pelvienne et maturation de la viande de bœuf*. [En ligne]. Créé en 19 janvier 2021 [<https://www.viandesetproduitscarnes.com>], (consulté le 29 août 2021).
- LEVERVE X., 2010 -Alimentation : les différentes facettes de la qualité. *La chimie et l'alimentation, pour le bien-être de l'homme*, 7 octobre 2009, *La chimie et l'alimentation, coordonné par Minh-Thu Dinh-Audouin, JACQUESY R.A., OLIVIER D. et RIGNY P., EDP Sciences, la Maison de la Chimie, Les Ulis Cedex (France), 242 : 53-65 p.*

- LISTRAT A., LEBRET B., LOUVEAU I., ASTRUC T., BONNET M., LEFAUCHEUR L., et BUGEON J., 2015 -Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs. *INRA Prod. Anim.*, 28 (2) : 125-136.
- MARTANI M., 2016 -*Physiologie du muscle squelettique*. Brochure de CHU., Fac. Méd., Univ. Salah Boubnider, Constantine, 15 p.
- MERCK., 2016 -*Méthodes générales de test et d'analyse des produits alimentaires*. Ed. EMD Millipore Corporation, Darmstadt (Allemagne). 80 p.
- MEYER C., 2021 -*Dictionnaire des Sciences Animales*. [En ligne]. Sur [<http://dico-sciences-animales.cirad.fr/>], (consulté le 19 septembre 2021).
- MINISTÈRE FRANÇAISE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION., *Le bien-être et la protection des chèvres*. [En ligne]. Créé en 28 février 2019 [<https://agriculture.gouv.fr/>], (consulté le 11 août 2021).
- MOËVI I., 2006 -*LE POINT SUR... La couleur de la viande bovine*. Ed. INTERBEV, Paris (France), 113 p.
- PRACHE S, SANTE-LHOUTELLIER V, DONNARS C, ADAMIEC C, ASTRUC T, BAÉZA E, BOUILLOT P-E, CLINQUART, A FEIDT C, FOURAT E, GAUTRON J, GUILLIER L, KESSE-GUYOT E, LEBRET B, LEFÈVRE F, MARTIN B, MIRADE P-S, PIERRE F, REMOND D, SANS P, SOUCHON I, GIRARD A, PERCHEC S et RAULET M., 2021 - *Qualité des aliments d'origine animale, production et transformation.*, Éd. Quæ (France), 170 p.
- EL RAMMOUZ R., 2005 -*Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles – Contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH*. Thèse de Doctorat, Inst. Nati. Polytech., Toulouse, 129 p.
- SALIFOU C F A., DAHOUDA M., BOKO K C., KASSA S K., HOUAGA I., FAROUGOU S., MENSAH G A., SALIFOU S., TOLÉBA S S., CLINQUART A. et YOUSAO A K I., 2013 -Evaluation de la qualité technologique et organoleptique de la viande de bovins de races Borgou, Lagunaire et Zébu Peulh, élevés sur des pâturages naturels. *Journal of Applied Biosciences.*, 63: 4736 – 4753.
- SALIFOU C F A., YOUSAO A K I., AHOUNOU G S., TOUGAN P U., FAROUGOU S, MENSAH G A. et CLINQUART A., 2013 -Critères d'appréciation et facteurs de variation des caractéristiques de la carcasse et de qualité de la viande bovine. *Annales de Médecine Vétérinaire.*, 157 (1): 27-42.
- SMILI H., 2014 -*Etude de paramètres physico-chimiques et biochimiques en cinétique au cours de la maturation de la viande de dromadaire*. Thèse Magister, I.N.A.T.A.A., Univ. Des Frères Mentouri, Constantine, 152 p.

- TOUATI S., 2017 -*Caractéristiques physicochimiques et sensorielles de la viande cameline : Aspect comparatif avec la viande bovine*. Mém. Master en Agronomie. Fac. Sci Natu. Vie, Univ. Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 89 p.
- TOURAILLE C., 1994 -Influence of muscle characteristics on sensory properties of meat. *Renc. Rech. Ruminants.*, (1) : 169 – 176.
- U.N.E.S.S. *Les catégories d'aliments Collège des Enseignants de Nutrition*. [En ligne]. Créé en 2010. [[http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition\\_4/site/html/cours.pdf](http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_4/site/html/cours.pdf)], (consulté le 29 juillet 2021).
- WOLK A., 2017 (Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden). Potential health hazards of eating red meat (Review). *J. Intern. Med.*, 281: 106– 122.