

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

**UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES
DEPARTEMENT DE SANTE ANIMALE**

**PROJET DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTEUR VETERINAIRE**

**SOUS LE THEME
ETUDE DE LA QUALITE HYGIENIQUE DE LA
VIANDE DE VACHE
DANS LA REGION OUEST D'ALGERIE**

PRESENTE PAR:

Mr:Chaib Mohammed Amin

Mr: Boughefala Medjdoub

ENCADRE PAR:

Dr:Bouricha Zineb



Remerciement

Je remercie en premier lieu mon Dieu le clément et
miséricordieux qui par sa grâce j'ai réalisé ce
modeste travail.

A notre encadreur docteur vétérinaire

Bouricha zineb,

Pour son incessant encouragement,

Pour son aide et pour ses précieux conseils

notre profond respect et nos vifs remerciements.

Mohamed ET Mejdoub

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail achevé

Après temps d'années d'études de scolarité et de réussite, A ceux qui encouragée toujours

Pour continue mes informations :

*Mes chers parents, mon frère aboubakre, mes sœurs ,
ma famille.*

Fontaine d'amour et origine de tendresse

A tout mes frères surtout SAMI, Chérif, Arbie.

A mon binôme : Medjdoub

*A mes amis :brahim, omar , abdel karim,baker, houdhifa,le poussin
Hamza.*

A toute la promotion du vétérinaire 2011-2012

*Enfin a tous ceux qui ont été oublié par mon stylo mais jamais été
oublié par mon coeur .*

"MOHAMMED"

DÉDICACES

Au Nom de Dieu, le Tous Miséricordieux, le Très Miséricordieux.

La louange est à Dieu. Nous Le louons et implorons Son aide ainsi que Son pardon. Nous nous réfugions auprès de Lui contre le mal de nos propres âmes et contre nos mauvaises actions. Nul ne saurait égaler celui que Dieu guide ou guider celui qu'Il a égaré. J'atteste que nulle divinité n'est digne d'être adorée en dehors de Dieu, l'Unique et sans associé, et j'atteste que Muhammad est Son Serviteur et Messenger. Puisse Dieu lui accorder, à sa famille, ses compagnons et à tous ceux qui se seront conformés à leur voie, salut et abondantes bénédictions.

Je dédie ce modeste travail :

A mon père qui a été un exemple et un modèle à suivre pour moi.

A la première femme de vie ma douce et tendre mère ,celle qui m'a donnée la vie, celle qui m'a bercée, celle qui a guidée mes premiers pas, celle qui a essuyé mes larmes. A celle qui m'encouragea à continuer même quand j'étais las.

A tout mes frères.

A toutes mes sœurs.

A toute ma famille.

A mon binôme :mohamed

A mes amis: Abdou ,Ahmed,Hmida,Tahar,Omar,Kada,Moukhtari, Benameur, Daoudi,Abd-Elrazak.

Soumia,Fatima,Fouzia,sara.

A ma promotion.2011-2012

A tous ceux qui un jour ont contribué à mon bien être.

MEDJDOUB

Sommaire

PREMIERE PARTIE : DONNEE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Importance alimentaire de la viande bovine

1- Définition de la viande.....	1
2 - Composition globale da la viande bovine.....	1
3 - Abattage.....	1
-Les différentes étapes d'abattage.....	1
4- Evolution et maturation de la viande.....	3
5- Différent types de production de viande bovine de boucherie.....	4
6- Facteur de qualité.....	5
7- Rôle de la viande dans l'alimentation.....	5
7-1 Valeur nutritionnelle de la viande.....	5
7-2 Valeur alimentaire globale de la viande.....	7
7-3 Valeur hygiénique de la viande.....	7

Chapitre II : Qualité de la viande

1-Valeur hygiénique de la viande.....	8
2- La qualité de service ou d'usage.. ..	8
3- Les qualités organoleptiques.....	8
3-1 La couleur.....	8
3-2 La tendreté.....	12
3-3 La flaveur.....	13
3-4Lajutosité.....	16
4- Méthodes de mesure des qualités organoleptiques.....	17
4.1) Evaluation de la couleur.....	17
4.1.1) Evaluation instrumentale.....	17
4.1.2) Evaluation sensorielle.....	18
4.2) Evaluation de la tendreté.....	19
4.2.1) Les méthodes de terrain.....	19
4.2.2) Les méthodes de laboratoire.....	20
4.3) Evaluation de la jutosité.....	21
4.4) Evaluation sensorielle.....	21
4.4.1) Le jury d'analyse sensorielle.....	21
4.4.2) Les conditions de déroulement de l'analyse sensorielle.....	22
4.4.3) Les méthodes d'analyse sensorielle.....	22

5- Les moyens pour obtenir une viande de qualité.....	23
5.1) Le dépôt adipeux.....	23
5.1.1) Influence de la génétique.....	23
5.1.2) Effets zootechniques	24
5.1.2.1) Influence de l'âge d'abattage	24
5.1.2.2) Influence de la conduite du troupeau.....	25
5.2) La couleur.....	26
5.2.1) Influence de la génétique	26
5.2.2) Influence de l'alimentation	26
5.2.2.1) Effet de la nature de la ration.....	26
5.2.2.2) Effet du niveau alimentaire.....	27
5.2.3) Effet zootechnique.....	27
5.2.3.1) Influence de l'âge d'abattage	27
5.2.3.2) Effet du sexe et de la castration	28
5.2.4) Technique d'abattage et évolution des viandes	28
5.2.5) Evolution au cours de la cuisson	28
5.3) La jutosité.....	29
5.3.1) Influence de la génétique	29
5.3.2) Influence de l'alimentation	29
5.3.3) Effet zootechnique	30
5.3.3.1) Influence de l'âge d'abattage	30
5.3.3.2) Effet du sexe et de la castration	31
5.3.4) Evolution au cours de la cuisson	31
5.4) La flaveur	31
5.4.1) Influence de la génétique	31
5.4.2) Influence de l'alimentation.....	32
5.4.2.1) Effet du pH.....	32
5.4.2.2) Les acides gras.....	33
5.4.2.3) Quelques flaveurs spécifiques.....	34
5.5) La tendreté.....	35
5.5.1) Influence de la génétique.....	35
5.5.1.1) La teneur en lipides.....	35
5.5.1.2) Le collagène et les fibres musculaires.....	36
5.5.2) Influence de l'alimentation.....	38
5.5.2.1) Effet du niveau alimentaire en phase de finition.....	38
5.5.2.2) Effet de la composition de l'alimentation	39
5.5.2.3) Effet de la croissance compensatrice	40
5.5.3) Effets zootechniques.....	42
5.5.3.1) Influence de l'âge d'abattage	42
5.5.3.2) Effet du sexe et de la castration	43
5.5.3.3) Evolution au cours de la cuisson	44

Chapitre III : Evolution microbiologique de la viande bovine

1	Indice de la qualité microbiologique de la viande.....	48
1-1	Flore mésophile	48
1-2	Staphylocoques	48
1-3	Coliformes et Coliformes fécaux	48
1-4	Clostridium	48
1-5	Salmonelles	49
2-2	Contamination des viandes par des germes pathogènes	49
2-3	Mode de contamination.....	50
2-3-1	Contamination anté-mortem.....	51
2-3-2	Contamination agonique et post-mortem	51
2-3-3	Contamination profonde.....	51
2-3-4	Contamination superficielle	51
2-4	Les origines de la contamination	52
2-4-1	Origines endogènes	52
2-4-1-1	Flore commensale	52
2-4-1-2	Flore de tube digestif.....	52
2-4-1-3	Lors de la saignée.....	52
2-4-1-4	Flore de la peau	52
2-4-2	Contaminations exogènes.....	53
2-4-2-1	Flore de sol.....	53
2-4-2-2	Flore de l'eau	53
2-4-2-3	Flore de l'air	53
2-4-2-4	Locaux.....	53
2-4-2-5	Matériel de travail	54
2-4-2-6	Manipulateur	54
2-5	Altération des viandes.....	54
2-5-1	Facteurs de l'altération microbienne de la viande	54
2-5-1-1	Facteurs intrinsèques	54
2-5-1-2	Facteurs extrinsèques.....	55
2-5-2	Types d'altérations.....	55
2-5-2-1	Altération superficielle.....	55
2-5-2-2	Putréfaction profonde.....	55
2-6	Risques sanitaires.....	56
2-6-1	Intoxication alimentaire	56
2-6-2	Toxi-infection alimentaire.....	56
2-6-3	Intoxication du type histaminique	57
2-6-4	Empoisonnement alimentaire	57
2-7	Méthodes de décontamination de la viande	57

Chapitre IV : Conservation de la viande bovine par le froid

1	Règles d'application du froid	59
---	-------------------------------------	----

2 -Méthodes de stabilisation de la flore microbienne	59
2-1 La réfrigération.....	59
2-1-1 La réfrigération lente	60
2-1-2 La réfrigération rapide.....	60
2-1-3 La réfrigération ultrarapide	60
2-1-4 La réfrigération complexe	60
2-2 La conservation des viandes réfrigérées.....	60
2-2-1 Indices microbiologiques du stockage de la viande réfrigérée.....	61
2-2-1-1 Germes d'altération	61
2-2-1-2 Germes pathogènes.....	61
2-3 Congélation	62
2-4 Surgélation	62

Chapitre V : Traçabilité et le principe HACCP

Traçabilité

1 Définition de la traçabilité.....	63
2 Origine et concept de la traçabilité.....	63
3 Réglementation.....	64
3-1 Passeport bovin ou document d'identification	64
3-2 Processus de certification	64
3-3 Identification électronique et étiquetage bovin.....	65
3-4 Autres techniques analytiques de traçabilité bovine.....	65
4 Difficultés du système de traçabilité dans la SAG de la viande.....	65

HACCP

1 Définition	66
2 Etude HACCP repose sur sept principes.....	66
2-1 Analyse des risques.....	66
2-2 Détermination des CCP.....	66
2-3 Fixation de seuils critiques pour chaque CCP	66
2-4 Mise en place d'une surveillance de chaque CCP.....	67
2-5 Mise en place de mesures correctives	67
2-6 Mise en place de procédures de vérification.....	67
2-7 Formalisation des dossiers	67
3 Systèmes HACCP ou analyse du risque.....	67

Liste des abréviations

ADN	Acide Désoxyribonucléique
ATP	Adénosine triphosphate
%	Pourcentage
Aw	Activité de l'eau
B	Bacillus
B1	Thiamine
B12	Cobalamine
B2	Riboflavine
B3	Niacine
B6	Pyridoxine
°C	Degré Celsius
CL.S.R	Clostridium sulfito-réducteur
E. coli	Escherichia. Coli
E.S.B	L'encéphalopathie spongiforme bovine
Fig.	Figure
g	Gramme
GTA	Guide de déplacement animal
h	Heure
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
H ₂ S	Hydrogène sulfurique
L	Litre
MAPA	Ministère de l'agriculture, élevage et approvisionnement
MCO	Microorganisme
mg	Milligramme
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mn	Minute
N	Normalité
NF	Norme française
O.M.S	Organisation mondiale de la santé
PCA	Gélose plate count Agar
PH	Potentiel d'hydrogène
rH	Potentiel d'oxydo-reduction
SAG	Système industriel agroalimentaire
Staph	Staphylococcus aureus
TIAC	Toxi-infection Alimentaire collectif
TSE	Tryptone-sel-eau
UFC	Unité formant colonie
UV	Ultra-violet
VF	Viande-foie
VRBL	Gélose bilié rouge violet lactose

Liste des figures

Fig. N°01 : Couleur de la viande

Fig. N°02 : Etats d'oxydation du fer héminique

Fig. N°03 : pourcentages de myoglobine oxydée de différents muscles

Fig. N°04 : Oxydation lipidique

Fig. N°05 : influence du ph sur la capacité de rétention d'eau

Liste des tableaux:

Tableau 01: composition de la viande

Tableau 02: les germes rencontrés

Tableau 03: Valeur minimum d'activité d'eau pour quelques microorganismes

Tableau 04: quelques types de germes et leurs risques sanitaires.

Tableau 05: Durée de conservation de viande en fonction de la température

Tableau 06: Action de la température sur la multiplication et la toxinogène des micro-organismes

INTRODUCTION

La qualité de la viande mise à la disposition du consommateur représente pour notre étude un objectif essentiel, compte tenu de la place de cette denrée dans la consommation alimentaire humaine; les viandes sont actuellement à la fois un produit de grande consommation, de haute valeur nutritive et d'un haut niveau qualitatif (organoleptique, technologique, hygiénique et surtout microbiologique).

La viande est un type d'aliment pour lequel la notion de qualité microbiologique est primordiale. Sa richesse en protéines et la nature de celles-ci en font un aliment indispensable pour une ration alimentaire équilibrée. Comme, elle aussi est sujette à plusieurs contaminations microbiennes.

La viande et les produits carnés ont été incriminés à maintes reprises dans des foyers de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) à travers le monde. Parmi les germes responsables de TIAC, on note : Salmonella, Listeria monocytogènes, Campylobacter jejuni, Yersinia entérocolitica, Aeromonas hydrophila, Clostridium (Jouves 1990, Dickon et Anderson 1992). La présence de microorganismes pathogènes dans la viande résulte de la contamination des carcasses au cours des différentes opérations d'abattage; à partir du contenu gastro-intestinal, des peaux et des membres des animaux, des locaux et du matériel utilisé, des mains et des vêtements du personnel, de l'eau de lavage des carcasses et même de l'air ambiant. (Plusquellec, 1991)

Nous espérons avoir communiqué à l'issue de la lecture de ce modeste travail le sens de cette obligation intitulé " l'étude de la qualité microbiologique de la viande bovine fraîche", sachant que la qualité et la sécurité du produit sont deux paramètres primordiaux pour préserver la santé du consommateur.

Chapitre I

Importance alimentaire de la viande

1-Définition de la viande

Le mot viande vient du latin "vivanda" qui veut dire "ce qui sert à la vie" puisque les protéines qu'elle fournit sont indispensables pour tout organisme vivant.

En technologie, la viande est le produit provenant de l'évolution post mortem du muscle strié. Elle est constituée de proportions variables en tissus musculaires, conjonctifs, tissus gras et tissus osseux. **(DUMONT et VALIN 1982).**

2- Composition globale de la viande bovine :

Les protéines constituent, après l'eau, la fraction pondérale la plus importante. La composition en acides aminés des protéines de la viande est remarquablement équilibrée ; elles sont riches en acides aminés indispensables, en particulier en acides aminés soufrés.

Les protéines du muscle se répartissent de la manière suivante :

- protéines extracellulaires : collagène, réticuline, élastine
- protéines intracellulaires :
 - protéines sarcoplasmiques : albumine, globuline, myoglobine, hémoglobine
 - protéines myofibrillaires : - protéines filamenteuses : actine, myosine
 - protéines de régulation : tropomyosine, troponine, actinine, protéines de la ligne M, protéine C
 - protéines insolubles de la strie Z (type collagène).

ROSSET.R, ROUSSEL.N, CIQUARD(1984)

Tableau 1 : Composition de la viande

Eau	75-80%
Protéines	15-20%
Substances azotées non protéiques	1%
Lipides	3%
Glycogène	1%
Sels minéraux	1%

Le muscle comprend : les fibres, le tissu conjonctif qui l'entoure, les vaisseaux sanguins, les nerfs et le tissu lipidique. La myoglobine lui confère la couleur rouge et sert de réserve d'oxygène **(CHEFTEL 1980).**

3- Abattage

3-1- Les différentes étapes d'abattage

L'abattage est une opération fondamentale très influente sur l'avenir du produit, provenant de différentes espèces animales, les démarches à suivre à l'abattoir pour les bovins, les principales sont :

❖ **Repos et diète hydrique :**

- ❖ L'animal emmené à l'abattoir ne doit pas être abattu immédiatement, il doit rester au repos avec une diète hydrique après le stress de transport qu'il a du subir (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

❖ **Inspection anté mortem :**

C'est un examen sanitaire qui permet d'éliminer de la chaîne d'abattage les animaux atteints de maladies ou de lésions ou présentant des signes pathologiques d'une maladie, aussi de protéger les manipulateurs (**FRAYSSE et DARRE, 1990**)

❖ **La saignée :**

La saignée se fait chez les bovins par une rupture de la carotide, de la veine jugulaire, la trachée plus oesophage (éventuellement après ligature), elle s'effectue au couteau. La saignée de l'animal met fin à la circulation sanguine et à la respiration, ce qui a pour effet d'interrompre définitivement les protections naturelles de l'organisme vis-à-vis des MCO et de provoquer une série de modifications chimiques et physiques complexes (**JOUVE 1996**). Plus la saignée est complète et rapide, meilleure est la qualité de la viande (**COLLOBERT .F et al, 1995**).

❖ **La dépouille :**

Elle a pour but l'enlèvement du cuir des animaux dans les meilleures conditions pour une bonne présentation et une bonne conservation des carcasses, ainsi que la récupération de la peau dans des conditions favorables à la conservation de sa qualité. Si le cuir est tiré dans le bon sens, les fibres s'écartent facilement ; sinon, des parties musculaires et graisseuses sont arrachées en même temps (**LEMAIRE, 1982**). La tête, la mamelle, les membres postérieurs et antérieurs sont aussi enlevés ; c'est une phase critique pour la contamination de la carcasse à partir du cuir, donc elle doit être faite de façon très rigoureuse et rapide (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

A l'heure actuelle, elle est pratiquée à des moments différents selon les animaux : les bovins sont dépouillés avant l'éviscération (**JOUVE 1996**).

❖ **L'éviscération**

L'éviscération est l'ablation de tous les viscères thoraciques et abdominaux d'un animal (sauf rein). Elle se fait obligatoirement sur animaux suspendus. Le travail repose à l'heure actuelle sur l'habileté au couteau des ouvriers, car il faut couper les liens entre viscères et carcasse sans couper l'estomac et les intestins.

L'éviscération ne devrait commencer qu'après avoir pris les précautions nécessaires au maintien de l'hygiène : élimination des pieds et ligature du rectum. L'ensemble cœur, poumon, est extrait de la cavité thoracique et suspendue avec la carcasse (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

❖ **La fente**

La fente se fait en général avec une scie alternative sous jet d'eau continu sur les animaux.

❖ Examen post mortem :

C'est la phase finale de l'examen de la carcasse, des abats et des issues. C'est l'inspection de la viande, le vétérinaire examine minutieusement chaque organe, pratique les incisions réglementaires, parfois même il peut faire une consigne de la carcasse suspecte pendant 1 à 3 jours pour suivre l'évolution de certaines lésions. Certaines carcasses sont porteuses de vésicules ladriques, une congélation à -10C° pendant 10 jours permet d'assainir, et donc la carcasse peut être consommée, mais sous certaines réserves (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

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

4- Evolution et maturation de la viande :

Au cours de la transformation du muscle en viande, l'évolution des réactions biochimiques impliquées dans le mécanisme post mortem conditionne en partie la transformation du muscle en viande et la qualité des produits carnés. Cette transformation de muscle en viande passe par trois phases différentes :

❖ Etat pantelant :

On observe d'abord une période de latence (état pantelant) durant la quelle l'extensibilité du muscle reste constante et égale à la valeur qu'elle présentait au moment de l'abattage. La durée de cette phase varie en grande partie selon le niveau des réserves énergétiques du muscle.

La carcasse est agitée de frissons qui correspondent à des contractions musculaires spontanées non organisées, provoquées par des excitations nerveuses qui ne durent pas plus de 20 à 30 minutes (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

❖ Phases de rigidité cadavérique (rigor mortis) :

Elle commence à s'installer dès que le muscle ne contient plus que 50% du taux normal d'ATP contenu dans le muscle vivant au repos, elle est de 90%; et pleinement installée lorsque le taux atteint 50% du taux normal qui s'accompagne de l'épuisement des réserves en glycogène et donc la production d'acide lactique qui fait baisser le pH pour atteindre les valeurs de 5.7 à 5.4.

Les muscles sont solidement fixés à l'os, les membres sont très difficilement mobilisables

(**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

Maturation :

Le muscle se transforme en viande grâce à la maturation. Il s'agit de la phase d'évolution post mortem au cours de laquelle la viande s'attendrit.

Après la rigor, le muscle qui a perdu irréversiblement toutes les propriétés d'extensibilité et ne développe aucune tension, va progressivement dégrader dans une suite de processus complexes au cours desquels s'élaborent en grande partie les divers facteurs qui conditionnent les qualités organoleptiques des viandes et en particuliers la tendreté (**BOULEY, 1874, cité LEVINE W.C et al, 1991**)).S'agissant d'un processus enzymatique, la maturation de la viande est le résultat de l'action de

diverses protéases (**OBLINGER J.L. & KOBURGER I.A. ,1984**), dont l'intensité est modulée par des inhibiteurs et dépend des conditions de température, de pH et de concentration des ions (**OBLINGER J.L. & KOBURGER I.A. ,1984**).

5- Différents types de productions de viande bovine de boucherie :

Les bases techniques des différents types de production de bovin de boucherie se sont précisées au fur et à mesure du progrès des connaissances dans les domaines qui viennent d'être présentés : la croissance, le développement, la nutrition, l'alimentation, la génétique, les pathologies et la transformation du muscle en viande.

5-1- La production de viande de taurillon :

Conduits en stabulation libre et abattus entre 12 et 16 mois, les taurillons modernes vont en revanche, être soumis dès le départ à une évolution continue des techniques de production (**cf l'annuel pour L'Eleveur De Bovins, 1979**).

Pour chaque type d'animal, d'un poids donné, il existe donc un niveau optimum d'apport énergétique et par la suite un gain de poids permettant la croissance musculaire et l'efficacité alimentaire maximale. Il y a donc pour chaque type génétique un optimum économique de poids de carcasse qui se situe entre 270 et 310 kg de carcasse pour les pie noirs, 310-340 kg pour les normandes, 360-420 kg pour les Charolais (**ITEB, 1984**), entre 350 et 380 kg pour les Limousins (**LETOUZE J.C., 1986**).

5-2- La production de viande de bœufs et de jeunes taureaux :

La production de bœufs se caractérise par un âge d'abattage des animaux compris globalement entre trois ans, voire plus pour les productions extensives alors que les jeunes taureaux sont abattus plus jeunes vers deux ans.

Dans tous les cas, les animaux ne sont pas conduits dans le but d'atteindre sans cesse leur potentiel maximum de croissance mais de valoriser au mieux des ressources fourragères (**MICOL D 1982**). Cependant au sein de ces différents types de production de viande, les poids d'abattage varient largement de 500kg pour les animaux les plus jeunes (18-20 mois) et à plus de 700kg pour la production de bœufs âgés (**LETOUZE J.C.et al, 1986**).

5-3- La production de viande de génisse :

La viande de génisse est obtenue à partir de types d'animaux très variés, abattues à différents poids et âges, en provenance soit de troupeaux laitiers (en race pure ou en croisement) soit de troupeau de vaches allaitantes (races à viande, races rustiques et les croisements).

La production intensive de jeunes bovins femelles est caractérisée par: -un âge à l'abattage inférieur à 20-22 mois ; -une croissance continue sans cesse égale ou proche du potentiel maximum des animaux ; -une alimentation à concentration énergétique élevée, distribuée à l'auge sans utilisation notable d'herbe pâturée (sauf pour les velles broutardes durant leur période d'élevage sous la mère). Les systèmes alimentaires sont voisins de ceux que l'on rencontre pour les taurillons (**KOBAA K. ,1996**).

5-4- La production de viande de vaches de réforme :

La qualité de la viande des vaches de réforme se caractérise en outre par des variations considérables de tendreté (qui diminue en particulier avec l'âge et l'état de sous nutrition des animaux), de couleur et de flaveur (qui augmente avec l'âge et l'état d'engraissement) (**BOCCARD, DUMONT, 1981**). Les vaches de réforme fournissent donc des carcasses et des viandes de toutes catégories.

En revanche, la plupart d'entre elle (**50 à 65% d'après BAZRI L. ,1992**) est réformée pour insuffisance de production laitière, pour infécondité (brucellose,...), pour difficultés de traite ou de vêlage ou par suite d'accidents, etc., ou pour des raisons de réductions d'effectifs. Elles produisent généralement de bonnes carcasses pour la boucherie. Le plus souvent, elles ne donnent alors lieu à aucune préparation pour la boucherie, sont abattues maigres, ont un mauvais rendement en carcasse et fournissent une faible quantité de viande d'une qualité médiocre, elles sont alors utilisées en transformation.

6- Facteurs de qualité

Selon **TREMOLIERE et al (1980)**, la qualité dépend de nombreux facteurs :

- ❖ Age de l'animal
- ❖ Race
- ❖ Sexe
- ❖ Ration alimentation
- ❖ Couleur de la viande
- ❖ Conditions de transport et de manutention

7- Rôle de la viande dans l'alimentation

La viande représente l'ensemble des matières alimentaires que l'homme obtient par la mise à mort des mammifères domestiques réputées comestibles (**POELMA P.L. ,1984**). Elle est une denrée alimentaire de haute valeur énergétique, dont les valeurs sont les suivantes :

7-1- Valeur nutritionnelle de la viande :

Les preuves fossiles indiquent que les êtres humains consomment de la viande depuis très longtemps (**Mann N 2007**) . La viande est riche en nutriments importants comme les protéines de grande qualité, la vitamine D, les vitamines B et plus particulièrement la vitamine B12, ainsi que le fer, le zinc et le sélénium. Consommée avec modération, elle a donc son rôle à jouer dans un régime alimentaire équilibré. Riche en nutriments

Protéines :

Les protéines de la viande sont de grande qualité et contiennent un éventail complet et bien équilibré d'acides aminés essentiels à la croissance. Les protéines sont particulièrement importantes pour les enfants et les adolescents, les athlètes et les femmes enceintes ainsi que pour les personnes âgées qui viennent de subir une intervention chirurgicale ou se remettent d'une maladie.

Minéraux - fer, zinc et sélénium :

La viande est une importante source de fer, et d'une manière générale, plus la viande est rouge, plus elle est riche en fer. Bien que plusieurs aliments contiennent du fer, la viande et les fruits de mer sont les seules sources de fer héménique. Ce type de fer est beaucoup plus facilement absorbé par l'organisme que celui présent dans les légumes et les céréales. Il faut du fer pour que le sang puisse transporter l'oxygène vers les différents organes du corps, y compris vers le cerveau et les muscles. Une carence en fer peut causer de la fatigue, des troubles de la concentration et augmenter la vulnérabilité aux infections. C'est encore aujourd'hui la carence nutritionnelle la plus fréquente en Europe. Manger de la viande régulièrement est un moyen de l'éviter(**Williamson CS, Foster RK, Stanner SA and Buttriss JL .2005**). Comme le fer héménique, le zinc présent dans la viande est mieux absorbé par l'organisme que le zinc d'origine végétale, si bien que la viande reste la principale source de ce minéral et aussi la plus commune en Europe. Le zinc est nécessaire à la croissance et à la reproduction et permet de mieux combattre les infections et de favoriser la cicatrisation (**WilliamsonCS, Foster RK, Stanner SA and Buttriss JL 2005**). La viande est aussi une source importante de sélénium. La teneur en sélénium des sols en détermine la quantité que l'on retrouve dans les pâturages et les céréales dont les animaux se nourrissent et par conséquent, dans la viande. Dans notre organisme, certaines protéines dépendantes du sélénium interviennent dans les défenses anti-oxydantes et la réparation de l'ADN.

Vitamine B12

La viande contient plusieurs vitamines B, dont la vitamine B12. Cette vitamine est d'autant plus importante qu'on ne la trouve à l'état naturel que dans les produits d'origine animale (viande, lait et produits laitiers, oeufs et produits de la mer). La vitamine B12 intervient dans la synthèse de l'ADN, dans la formation des globules rouges et dans l'équilibre du système nerveux. Une carence en vitamine B12 peut provoquer des troubles neurologiques et pose de nombreux problèmes chez les personnes âgées qui souffrent d'un ralentissement de son absorption ou d'apports inadéquats. (**Honikel KO2008**)

Graisses :

Les matières grasses de la viande sont une source importante d'énergie, de vitamines liposolubles et d'acides gras essentiels. Les matières grasses présentes dans la viande se répartissent pratiquement à égalité entre graisses saturées et graisses mono-insaturées. Certaines viandes contiennent de petites quantités de graisses polyinsaturées, notamment celles provenant d'animaux élevés en pâturage ou qui ont reçu une alimentation spécifique, par opposition aux animaux nourris avec des céréales traditionnelles. La teneur globale de la viande en matières grasses a diminué au fil des années suite à la modification des techniques d'élevage, aux changements apportés à l'alimentation animale et au dégraissage de plus en plus systématique de la viande avant et après l'achat. Le recours à des méthodes de cuisson requérant une faible quantité de matières grasses comme la grillade peut également

contribuer à cette réduction. Débarrassée de la graisse, la viande maigre (y compris la volaille sans peau) est pauvre en graisses saturées et de nombreux morceaux en contiennent moins de 10% sans danger pour la santé (**Williamson CS, Foster RK, Stanner SA and Buttriss JL 2005**)

La plupart des pays se sont dotés de programmes d'assurance qualité qui couvrent tous les aspects de la production de viande, de l'exploitation agricole à l'assiette, encourage les bonnes pratiques de l'élevage et la sécurité alimentaire. De plus, la législation en la matière peut être fixée soit à l'échelle nationale, soit au niveau de l'Union européenne. Par exemple, l'utilisation d'hormones de croissance est interdite dans l'Union européenne ; certains pays (comme le Danemark) n'autorisent les antibiotiques que pour un usage strictement médical. S'ils sont traités, les animaux ne peuvent pas être abattus tant que les résidus de médicaments n'ont pas atteint des niveaux bien précis(**Honikel KO 2008**)

Alors que la plupart des directives alimentaires européennes recommandent de manger de la viande, de la volaille ou du poisson chaque jour, le Fonds mondial de recherche sur le cancer conseille de limiter les apports en viande rouge(**Honikel KO 2008**)

7-2- Valeur alimentaire globale de la viande :

La viande représente un aliment d'une haute valeur nutritive, nécessaire dès le plus jeune âge et indispensable à ceux qui se livrent à des travaux de force comme à ceux dont l'état général laisse supposer quelques déficiences.

Le dosage biochimique et l'expérimentation physiologique s'accordent à reconnaître à la viande une importance prépondérante comme aliment azoté,

- ❖ Une source d'énergie, son potentiel calorique dépend énormément de sa teneur en graisse.
- ❖ Riche en phosphore qui existe sous forme minérale ou organique qui est dans tous les cas très bien assimilé par l'homme.
- ❖ Une bonne source de fer dont l'utilisation de l'homme est satisfaisante.
- ❖ Riche en vitamine du groupe B, riche en hormone particulièrement les corticostéroïdes
- ❖ Il n'y a que le calcium dont la viande soit nettement déficitaire. (**POELMA P.L., 1984**).

7-3- Valeur hygiénique de la viande :

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

Chapitre II

La qualité de la viande

1.) Valeur hygiénique de la viande :

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

L'aliment doit garantir une totale innocuité et de ce fait préserver la santé du consommateur.

De ce fait, il ne doit contenir aucun résidu toxique, aucun parasite, ni être le siège d'un développement bactérien susceptible de produire des éléments nocifs.

Cette caractéristique doit satisfaire aux normes sanitaires et règlements en vigueur. Ainsi, ne peuvent être mis sur le marché que des aliments ne présentant aucun risque pour la santé.

2) La qualité de service ou d'usage :

Elle répond à la praticité en rapport avec un produit. Ainsi la facilité de préparation des aliments ou la durée de conservation représentent des critères essentiels aux yeux du consommateur. (TOURAILLE.C1994)

3) Les qualités organoleptiques :

Il s'agit de caractéristiques perçues par les sens du consommateur. Elles recouvrent l'aspect et la couleur, le goût et la saveur, l'odeur et la flaveur, ainsi que la consistance et la texture d'un aliment. De ce fait, elles jouent un rôle prépondérant dans la préférence alimentaire. On parle aussi des propriétés sensitive

(LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R1984)

Ces sensations peuvent se classer suivant trois modalités :

- qualitative, déterminant la nature de la chose, qui est la caractéristique de ce qui est perçu.
- quantitative, qui représente l'intensité de cette sensation.
- hédoniste, qui caractérise le plaisir ressenti par l'individu.

Le sens gustatif est limité à quatre saveurs pour un aliment : sucré, salé, amer, acide.

Le sens olfactif permet de discerner un grand panel de variétés odorantes. Les molécules odorantes parviennent à stimuler les zones sensibles soit directement par le nez, on parle alors d'odeur ou de parfum, soit par voie rétro-nasale, on parle alors d'arôme.

(TOURAILLE.C1994)

3.1) La couleur : La couleur est la qualité d'un corps éclairé qui produit sur l'œil une certaine impression lumineuse, variable selon la nature du corps ou selon la lumière qui l'atteint. Elle dépend donc de l'objet, de la lumière et de l'observateur.

Différentes enquêtes ont démontré que dans le domaine de la boucherie, le client est d'abord réceptif à ce qu'il voit. La couleur, première caractéristique perçue par le consommateur, joue un rôle décisif au moment de l'achat car elle est instinctivement rattachée à la fraîcheur du produit. D'ailleurs, dans le système moderne de distribution, c'est souvent le seul critère dont il dispose.

La myoglobine (transporteur de l'oxygène dans le muscle) est le principal pigment responsable de la couleur de la viande. C'est une chromoprotéine constituée d'un groupement héminique : l'hème (atome de fer associé à la protoporphyrine) et d'une protéine : la globine. Trois paramètres principaux permettent de définir la couleur : la teinte, la saturation et la luminosité.

La teinte varie en fonction de l'état chimique du pigment. La saturation dépend de la quantité de pigment présent dans le muscle. La luminosité est corrélée à l'état de surface de la viande.

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

Figure 1-Couleur de la viande (TOURAILLE.C,1994)

La liaison hème globuline se fait par l'intermédiaire du fer qui peut prendre deux états d'oxydoréduction.

La forme réduite correspond au pigment du muscle en profondeur et à celui de la viande conservée sous vide. Au contact de l'air et du froid, la myoglobine se combine avec l'oxygène

formant ainsi l'oxymyoglobine, de couleur rouge vif. Cette teinte de la viande est synonyme de fraîcheur et donc recherchée par le consommateur.

(ROCHE.B,DEDIEU.B,INGRAND.S,2000)

Au-delà d'un certain délai influencé par les propriétés intrinsèques de la viande (pH, potentiel d'oxydoréduction, ...) la couche d'oxymyoglobine disparaît au profit de la metmyoglobine de couleur brune. L'atome de fer est alors sous forme ferrique (Fe^{+++}).

Le cycle de la couleur de la viande fraîche est représenté par la figure.

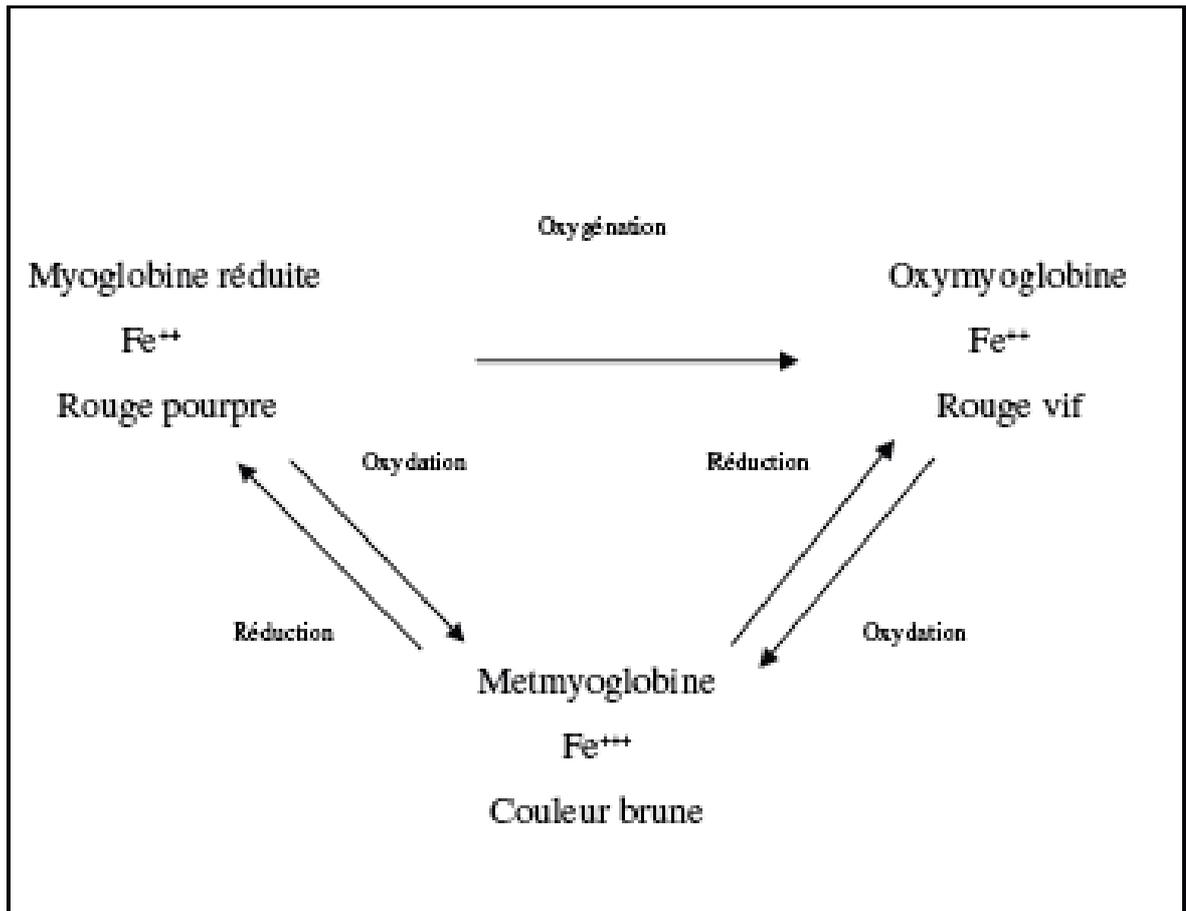
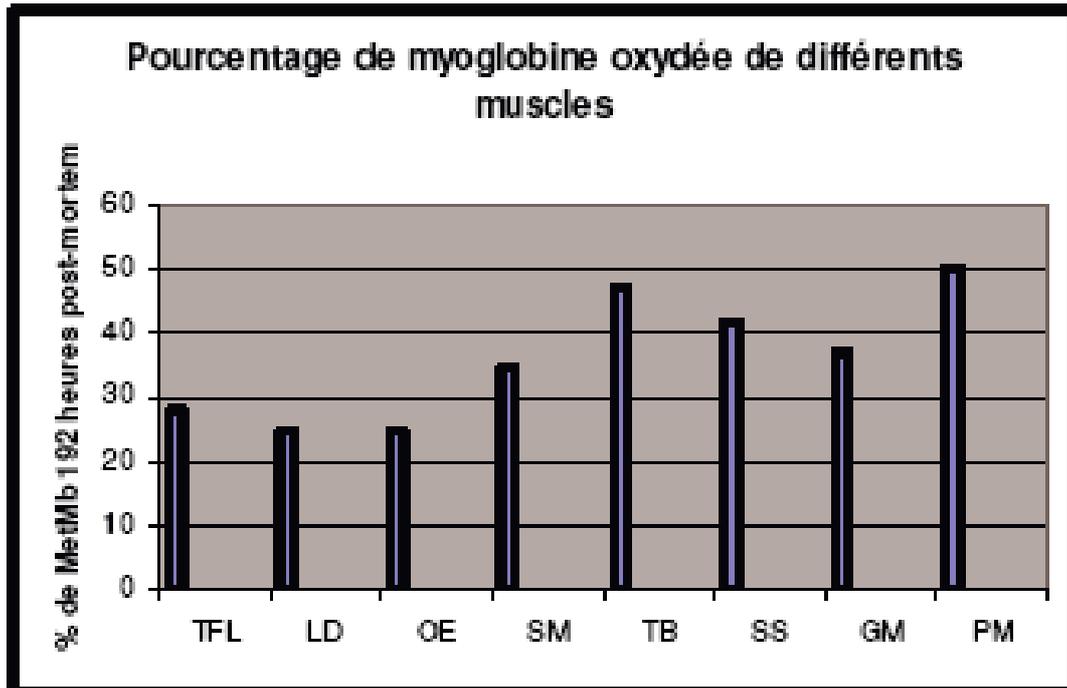


Figure 2-Etats d'oxydation du fer hémique (TOURAILLE.C,1994)

A partir d'un certain pourcentage coloré de la surface de la viande (de l'ordre de 40%), la couleur brune constitue un motif de rejet pour le consommateur.

Parmi les nombreux facteurs biologiques et biochimiques qui influent sur la stabilité de la couleur, l'effet de la nature du muscle est prépondérant.

En effet, le pourcentage de myoglobine oxydée peut varier du simple au double entre des muscles stables comme le faux-filet (*Longissimus Dorsi*) et des muscles instables comme le filet (*Psoas Major*) (**figure3**).



TFL : Tensor fascia latae (hanpe) LD : Longissimus dorsi (faux filet) OE : Obliquus Extremis SM : Semi-membranosus TB : Triceps Brechii SS : Supra spinatus GM : Glutous medices PM : Psoas major (filet)

(**Figure 3 -pourcentages de myoglobine oxydée de différents muscles**)

La couleur de la viande n'est pas seulement conditionnée par la concentration et l'état physico-chimique de la protéine. Elle est aussi dépendante de la structure musculaire, donc du pH, qui influe sur l'absorption et sur la diffusion de la lumière incidente. La viande fraîche est translucide et sombre en apparence car la diffusion de la lumière incidente, du fait de la structure de la viande, est faible.

Durant l'installation de la rigidité cadavérique, le pH chute de 7 à 5,5, le muscle devient plus opaque donc diffuse une plus grande partie de la lumière incidente et paraît plus pâle. Il a ainsi été démontré que la luminosité de la viande pouvait être plus influencée par des différences de pH, à teneur en pigment identique, que par des différences de teneur en pigment, à pH identique. (RENERRE.R,1997)

3.2) La tendreté :

Généralités :La tendreté peut être définie comme la facilité avec laquelle une viande se laisse trancher ou mastiquer. Elle joue un rôle essentiel dans l'appréciation d'une viande. Elle varie beaucoup d'une viande à l'autre.

Les deux structures du tissu musculaire responsables de la tendreté sont d'une part le tissu conjonctif, par l'intermédiaire de sa composante collagénique et, d'autre part, les myofibrilles.

Le tissu conjonctif se caractérise par sa grande résistance mécanique et sa grande stabilité. Il évolue peu au cours du temps et il faut attendre la phase ultime de la préparation des viandes, à savoir la cuisson, pour observer une diminution de sa résistance à la suite de la transformation du collagène en gélatine.

Les fibres musculaires subissent par contre, après la mort de l'animal, de nombreuses transformations qui modifient leur résistance. Dans un premier temps, on observe une augmentation de cette dernière avec établissement de la rigidité cadavérique, puis il y a attendrissage pendant la phase de maturation. L'attendrissage est rapide les premiers jours, se ralentit par la suite, puis tend vers une limite.

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, 16 jours à 0°C.

Mécanisme de l'attendrissage du tissu musculaire au cours de la maturation :

L'augmentation de la tendreté de la viande 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.

- Modifications de la structure myofibrillaire :

On observe au cours de la maturation, des modifications au niveau de la strie Z ainsi qu'au niveau de la jonction du disque I et de la strie Z.

Les stries Z deviennent de plus en plus diffuses et peu à peu apparaissent des zones de rupture à la jonction filaments fins/ stries Z.

Ces modifications se traduisent par une augmentation de l'indice de fragmentation myofibrillaire (IFM). L'homogénéisation d'un échantillon mûré conduit à la libération de fragments plus courts, constitués d'un nombre de sarcomères plus réduit.

L'augmentation de l'IFM au cours de la maturation est proportionnelle à l'augmentation de la tendreté. Cela signifie que la fragmentation des myofibrilles est l'un des mécanismes responsables de l'attendrissage post mortem de la viande .

(LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R, 1984)

- Evolution des protéines :

La solubilité des protéines myofibrillaires augmente au cours de la maturation. Cette augmentation résulte de l'affaiblissement des liaisons intra ou intermoléculaires, les

molécules concernées étant vraisemblablement les protéines de la zone de jonction strie Z disque I ou les protéines du complexe actine/myosine. L'augmentation de la solubilité des protéines myofibrillaires est corrélée positivement à l'augmentation de la tendreté.

- Activités enzymatiques au cours de la maturation

Il existe dans le muscle des systèmes enzymatiques capables de reproduire les modifications observées au cours de la maturation. Il s'agit du CAF, protéase neutre activée par les ions Ca^{2+} et des cathepsines B et D qui sont des enzymes lysosomiales.

Il a été démontré in vitro :

- que le CAF détruit les stries Z, qu'il dégrade la troponine T ainsi que la tropomyosine des filaments fins, la protéine C et la protéine de la ligne M des filaments épais et qu'il provoque la libération de l'actinine dans le sarcoplasme ;

- que les cathepsines B et D sont capables de dégrader la troponine T, la myosine et l'actine.

Les conditions dans lesquelles ces enzymes sont dans le muscle (pH, concentration en Ca^{2+} , présence d'inhibiteur) sont très éloignées des conditions optimales d'action. Ces enzymes ont donc in situ une action très limitée mais qui peut être tenue pour responsable cependant de l'augmentation de la tendreté (**BRENTERCH.Y, CAZEAU.O, CREC'HRIOU.R,1997**)

3.3) La flaveur :

La flaveur d'un aliment correspond à l'ensemble des impressions olfactives et gustatives éprouvées au moment de la consommation.

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. Les composés responsables de la flaveur 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 flaveur particulière de chaque espèce.

Ces composés sont classés en deux catégories :

- les composés volatils responsables de l'arôme ou odeur. Certains ont un rôle primordial : composés carbonylés et lactones ; composés hétérocycliques (furanne, pyrazines et pyridines) ; composés soufrés (H_2S). D'autres ont un rôle plus faible : alcools, esters, éthers, hydrocarbures aliphatiques, acides carboxyliques.

- les composés non volatils responsables du goût comprennent des nucléotides, des nucléosides, certains acides aminés, des amines et la créatinine.

Les précurseurs de la flaveur

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

Les acides aminés sont issus de la dénaturation des protéines de la viande au cours de la maturation. Sous l'effet du chauffage, il y a formation de composés soufrés, des aldéhydes, des pyroles et des pyrazines (réaction de Maillard). Le ribose et le désoxyribose, seuls sucres présents après la transformation du muscle en viande, participent avec les acides aminés à la réaction de Maillard. Leur dégradation thermique conduit à des dérivés furanniques et aromatiques, des composés carbonylés et des alcools.

En ce qui concerne les nucléotides et nucléosides, le précurseur le plus important est l'IMP (acide inosinique) formé à partir de l'ATP.

Les acides gras issus de l'hydrolyse enzymatique des lipides, sous l'effet de la lumière, de la chaleur ou d'autres catalyseurs, s'oxydent pour former des composés carbonylés. Les réactions de formation des composés de la flaveur.

□ **La réaction de Maillard**

Cette réaction intervient lors du chauffage d'un sucre (aldéhyde ou cétonique) avec un acide aminé conduisant à la formation de substances responsables de l'arôme (composés carbonylés, furannes, furfural). Les conditions physico-chimiques normales de la viande sont favorables au développement des réactions de Maillard lors de la cuisson.

(LAMELOISE.P,ROUSSEL-CIQUARD.N,ROSSET.R1984)

□ **L'oxydation lipidique**

Cette oxydation détermine l'apparition de composés responsables de la flaveur spécifique d'une viande. Lorsque cette réaction va jusqu'au rancissement, il y a alors apparition de goûts et d'odeurs indésirables.

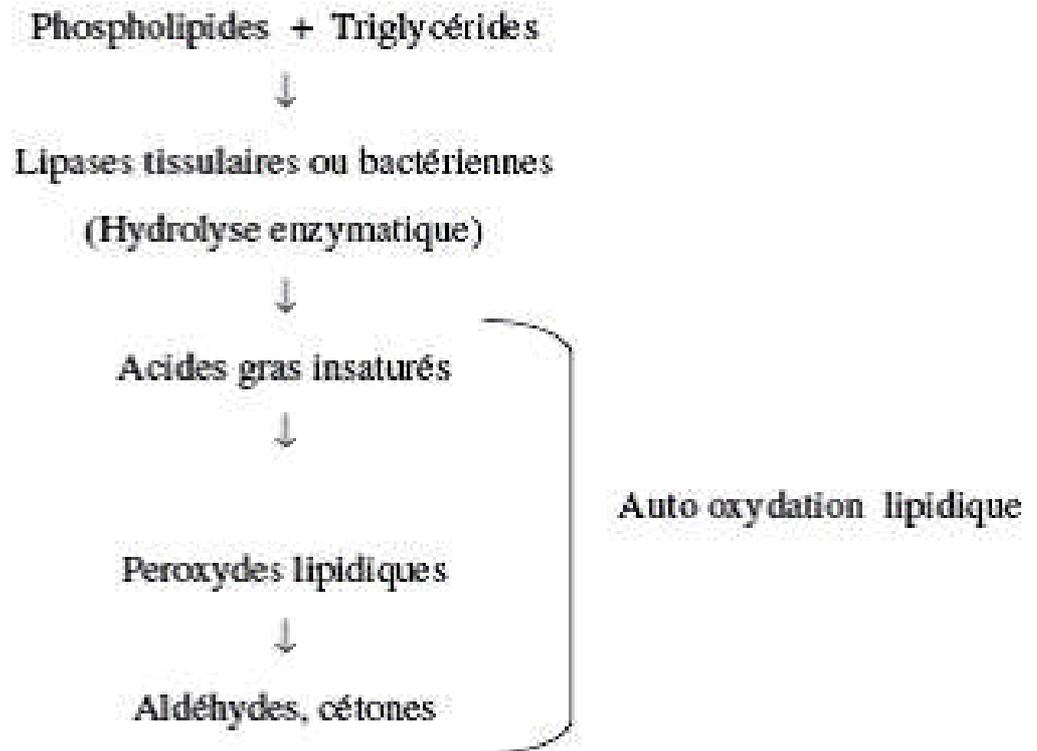


Figure 4-Oxydation lipidique

L'oxydation des acides gras est un processus auto catalytique, séquentiel, basé sur la formation de radicaux libres qui perpétuent la réaction d'oxydation (réaction en chaîne). On a d'abord la formation des hydroperoxydes qui ne dégagent ni odeur, ni goût particuliers. Puis lors d'une seconde phase il y a formation à partir de ces hydroperoxydes de composés carbonylés (aldéhydes et cétones) responsables de la flaveur de la viande. Même dans les morceaux à faible teneur en matière grasse, cette oxydation lipidique se produit en raison de la présence de catalyseurs accélérant le processus. Ces catalyseurs sont en particulier les composés hématiniques (metmyoglobine). Certains métaux lourds peuvent aussi jouer ce rôle.

Rôle de la fraction lipidique

Les graisses seraient responsables de la flaveur distincte de chaque espèce. Les phospholipides, en raison de leur grande sensibilité à l'oxydation, contribuent de façon importante à la flaveur. De plus les composés carbonylés de la fraction lipidique participent aux réactions de Maillard à l'origine de l'apparition du goût et de l'arôme caractéristiques de la viande.

(LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R,1984)

3.4) La jutosité :

Appelée aussi succulence, elle caractérise la faculté d'exsudation de la viande au moment de la dégustation. Le facteur essentiel qui va jouer sur la jutosité est le pouvoir de rétention d'eau du muscle (PRE). Le pouvoir de rétention d'eau du muscle et par la suite de la viande est la faculté de la viande à conserver, dans des conditions bien définies, son eau propre ou de l'eau ajoutée. Il traduit la force de liaison de l'eau aux protéines de la fibre musculaire. Immédiatement après l'abattage, le muscle contient 75% d'eau, 90 à 95% sous forme libre et 5 à 10% liée. L'eau liée est fixée par des forces électrostatiques aux groupements fonctionnels des protéines du muscle. L'eau libre est associée à des substances dissoutes. Elle comprend l'eau immobilisée dans les espaces extracellulaires (20% de l'eau libre) et l'eau retenue par les myofibrilles (70% de l'eau libre) et le réticulum sarcoplasmique (10% de l'eau libre). Le pouvoir de rétention d'eau dépend de l'eau retenue au niveau des myofibrilles, celle-ci dépendant de la structure spatiale des protéines des fibres musculaires. Lorsque la distance entre les chaînes protéiques s'agrandit, le pouvoir de rétention d'eau augmente. Dans le cas inverse, il diminue. Le tissu conjonctif résiduel n'a aucune incidence pratique sur le pouvoir de rétention d'eau de la viande.

Evolution du PRE au cours de la transformation du muscle en viande

Au moment de l'abattage, le pouvoir de rétention d'eau du muscle est très élevé. Il va diminuer très régulièrement jusqu'à la fin de la rigidité cadavérique. La diminution du pouvoir de rétention d'eau a pour origine principale l'abaissement du pH à la suite de la glycolyse anaérobie.

Le pouvoir de rétention d'eau est principalement dû aux protéines myofibrillaires. Au point isoélectrique (pHi) de ces protéines, les charges positives sont égales aux charges négatives, le réseau protéique est resserré et le pouvoir de rétention d'eau est au minimum. Quand le pH de la viande s'éloigne de la zone de pHi, la charge des protéines augmente et les fibres s'écartent les unes des autres emprisonnant de la sorte une quantité plus importante d'eau. La rétention d'eau minimum au pH isoélectrique s'accroît de part et d'autre pour des pH plus faibles ou plus élevés (figure5)

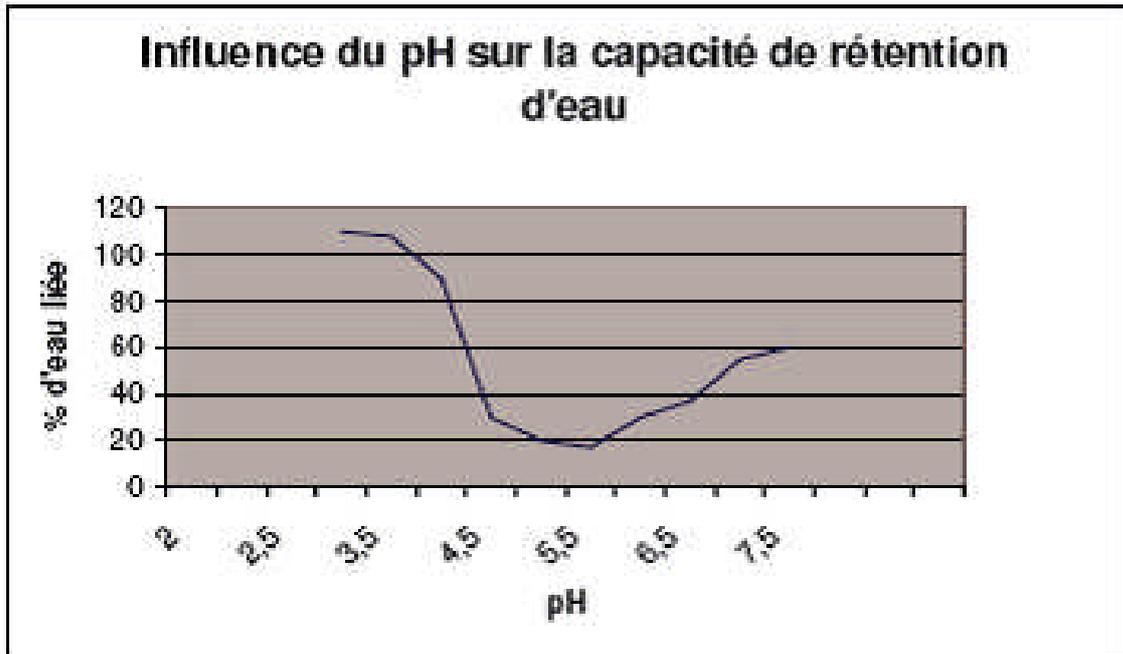


Figure 5 (influence du ph sur la capacité de rétention d'eau)

La jutosité est également conditionnée par l'état d'engraissement, plus particulièrement par l'abondance de la graisse intramusculaire ou « persillé ». Ainsi, une viande riche en lipides sera moins sèche qu'une viande maigre. On distingue une jutosité initiale (qu'on perçoit au premier coup de dents) liée à la quantité d'eau, de la jutosité soutenue liée à la teneur en lipides.

En conclusion, nombreuses sont les qualités qui peuvent définir une viande bovine, les qualités organoleptiques demeurent cependant les plus complexes à analyser car elles font tant appel à un jugement objectif que subjectif.

(LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R,1984)

4) Méthodes de mesure des qualités organoleptiques :

Les méthodes décrites ci-après ne constituent en aucun cas une liste exhaustive des procédés utilisés à l'heure actuelle. Elles correspondent aux techniques couramment employées sur le terrain ou en laboratoire.

4.1) Evaluation de la couleur :

4.1.1) Evaluation instrumentale :

Les méthodes instrumentales employées sont soit des méthodes physico-chimiques, soit des méthodes physiques.

Méthodes physico-chimiques

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

- le fer héminique, approche quantitative de la quantité de myoglobine musculaire.
- les différentes formes de la myoglobine dans le morceau (états oxygéné, oxydé, réduit)
- l'hémoglobine sanguine et l'hématocrite : la méthode utilisée consiste à séparer la partie hémique de la globine et à apprécier la quantité d'hématie formée par mesure de la D.O(densité optique) à la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption(513nm). Mais il est aussi possible de mesurer le pH et ses variations, de doser le glycogène musculaire ou différents type de fibres ou encore le gras intra musculaire .Il faut cependant noter que la grande majorité de ces mesures nécessite un laboratoire spécialisé, seules les mesures de l'hématocrite et du pH sont aisément réalisables.

(DENOYELLE.C, BROUARD.S, LEGRAND.I, QUILICHINI.Y2000)

Méthodes physiques

Ces méthodes permettent d'évaluer les caractéristiques de réflexion et/ou d'absorption de la lumière par la viande.

Ces mesures de couleur par réflectance ne doivent pas se faire tant que le pH ultime n'est pas atteint.Le muscle recommandé pour faire la mesure est le longissimus dorsi prélevé entre la8ème vertèbre thoracique et la 1ère vertèbre lombaire.En abattoir, la couleur de la viande est appréciée à l'aide d'un réflectomètre qui prend en compte à la fois la luminosité et la composante rouge de la couleur. Au laboratoire, la surface sur laquelle s'effectue la mesure doit être au besoin rafraîchie et exposée à l'air au minimum une heure à 3°C de façon à oxygéner le pigment. Avec un colorimètre, il est possible d'identifier toutes les couleurs dans un espace tridimensionnel à l'aide des coordonnées trichromatiques X, Y, Z .

(RENERRE.M.2006)

Les méthodes instrumentales présentent l'énorme avantage d'être objectives donc répétables et reproductibles. Par contre, nombre de méthodes sont indirectes dans le sens où elles ne mesurent que des indicateurs de couleur dont la pertinence n'est pas toujours évidente à juger .Il est donc indispensable d'associer méthodes instrumentales et méthodes sensorielles.

(MOËVLI.2006)

4.1.2) Evaluation sensorielle :

L'évaluation sensorielle de la couleur consiste en un jugement visuel pouvant se faire suivant deux approches : une approche analytique par un jury de personnes expérimentées et une approche hédoniste par un jury de consommateurs .L'approche analytique permet

d'évaluer qualitativement et quantitativement la couleur, c'est donc une analyse descriptive des propriétés sensorielles du produit. Elle nécessite un jury de personnes entraînées ou expertes. En général ces jurys se composent de 3 à 5 experts seulement car l'appréciation de la couleur est moins délicate à évaluer que les aspects sensoriels perçus en bouche. L'approche hédoniste correspond à une étude de préférences ou d'aversion des consommateurs. Contrairement à l'approche précédente, le jury est composé de consommateurs, c'est à dire de personnes naïves, non entraînées, qui donnent des réponses spontanées. Il est en général recommandé de travailler avec au moins 60 personnes afin de cerner la diversité des situations existantes et d'optimiser la compréhension des opinions et des comportements des consommateurs. Quelle que soit leur nature, les jurys sollicités disposent d'outils pour ces évaluations : des grilles de classement. Ces grilles d'appréciation visuelle ont été codifiées et testées pour servir de méthode de référence. Elles permettent de rendre compte des écarts de couleur pris en compte dans la valorisation commerciale des carcasses. **(RENERRE.R1997)**

Plus précisément, cette évaluation peut concerner :

- l'intensité de la pigmentation d'une viande fraîche ; la grille comporte alors 4 classes d'intensité allant du « rouge très clair » au « rouge foncé ».

- l'altération de la couleur en cours de conservation ; la grille comporte en général 5 classes allant du statut « aucune altération de la couleur » à « altération de la couleur maximale ».

- la « normalité » de la coloration pour le type de viande concerné (détection d'éventuels problèmes de viande P.S.E ou D.F.D) .

(ROCHE.B, DEDIEU.B, INGRAND.S.2000)

4.2) Evaluation de la tendreté :

La tendreté de la viande est d'abord quelque chose de perçu par nos sens lors de sa consommation et il n'existe pas de méthode capable de mesurer l'ensemble des sensations perçues en mastiquant la viande. Mais il existe diverses méthodes qui permettent, à peu près, de mesurer et classer la tendreté de la viande.

Ainsi, on distingue des méthodes dites « de terrain », utilisées par les professionnels dans le but de prévoir la tendreté d'une carcasse, et des méthodes « de laboratoire », utilisées pour tenter de mesurer la tendreté de la viande.

(BRENTERCH.Y, CAZEAU.O, CREC'HRIOU.R,1997)

4.2.1) Les méthodes de terrain :

Les professionnels de la viande utilisent la méthode de la pression du pouce qui leur permet de trouver la délimitation entre les zones tendres et les zones dures du muscle. On

classe ainsi les morceaux en trois catégories :- garantie tendre

- tendre
- à attendrir

Une autre méthode, la seule véritablement fiable, est le jury de dégustation, qui donne une note de tendreté, comprise entre 1 et 7 (1 pour les viandes dures et 7 pour les viandes extrêmement tendres).

Cette méthode est la plus précise dans l'évaluation de la tendreté car ses résultats sont les plus proches des résultats ressentis par le consommateur lors de la dégustation de la viande.

(FRENCIA.J.P, THOMAS.E, DUFOUR.E2005)

4.2.2) Les méthodes de laboratoire :

En laboratoire, la mesure de la tendreté est l'évaluation objective de la texture des muscles. Elle doit tenir compte de l'état de la viande (crue ou cuite) car l'analyse instrumentale sur une viande crue définit la tendreté potentielle de la viande et l'analyse d'une viande cuite définit sa tendreté instrumentale.

Deux types d'appareils sont utilisés pour mesurer la tendreté :

- les appareils empiriques, avec lesquels on tente de caractériser le milieu et où le paramètre pris en compte est le maximum de force, qui n'est pas relié aux propriétés du milieu,
- les appareils imitatifs qui tentent de reproduire l'action des dents.

Ces appareils permettent de mesurer la force de cisaillement. Ils ne permettent de mesurer que la tendreté liée aux tissus conjonctifs du fait de leurs résistances au cisaillement, alors qu'ils sont insuffisants pour celle liée aux myofibrilles.

La mesure de la tendreté de la viande par spectroscopie de fluorescence frontale représente une méthode innovante permettant de discriminer les muscles selon les deux composantes de la tendreté (dureté de base liée au collagène et composante myofibrillaire).

Les industries de la viande ne disposent à l'heure actuelle d'aucune méthode rapide et fiable pour garantir la tendreté de la viande au moment de la commercialisation. La spectroscopie représente une solution d'avenir pour l'évaluation de la tendreté .(**PICARD.B 2005**)

Pour conclure, une étude de 2005 a permis de mettre en évidence de nouveaux indicateurs de la tendreté en utilisant l'analyse de l'ensemble des protéines présentes dans les cellules. Les premiers résultats démontrent que l'expression de ces protéines est variable quantitativement en fonction de la race des animaux. Ces protéines pourraient donc devenir des indicateurs potentiels de tendreté.

(VOTE.D.J, BELK.K.E, TATUM.J.D, SCANGA.J.A, SMITH.G.C2003)

4.3) Evaluation de la jutosité :

Cette qualité est très difficile à mesurer de façon instrumentale et n'est appréciée que par des jurys de dégustation.

Les méthodes utilisées pour la préparation des échantillons (choix des muscles, type de cuisson, température...) sont très variables selon les équipes de recherche.

(GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J,2003)

4.4) Evaluation sensorielle :

La dégustation représente un outil pour apprécier les qualités organoleptiques d'un aliment. L'analyse sensorielle fait l'objet d'une définition par l'AFNOR : c'est « l'examen des propriétés d'un produit par les organes des sens ». 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. Son but n'est pas de décrire les réactions du futur consommateur, mais de décrire et mesurer les qualités d'un aliment. (DELAGNES.1996)

Les qualités organoleptiques les plus fréquemment étudiées avec cette technique comprennent l'aspect, l'arôme, la saveur et la texture de l'aliment.

Pour ce faire, il faut :

- un jury, comprenant quelques personnes sélectionnées, entraînées à pratiquer l'analyse sensorielle,
- un environnement adapté à la pratique de l'analyse sensorielle,
- des méthodes variables selon le but de la dégustation.

4.4.1) Le jury d'analyse sensorielle :

L'AFNOR définit le jury comme un « groupe de sujets choisis pour participer à un essai sensoriel ».

Le sujet qualifié se définit alors comme un « sujet sélectionné pour sa capacité à effectuer l'analyse sensorielle d'un produit déterminé dans des conditions définies ». De même, l'expert se définit comme un « sujet qualifié ou personne compétente qui, par son expérience, est capable d'effectuer individuellement ou dans un jury l'analyse sensorielle d'un produit donné ».

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.

4.4.2) 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, ...).

La préparation, la présentation et l'ordre de présentation des échantillons sont des paramètres à ne pas négliger. Pour éviter tout biais, une uniformisation maximale des échantillons destinés à chaque examinateur est nécessaire. L'ordre de présentation des échantillons doit être le même pour tous les examinateurs.

4.4.3) Les méthodes d'analyse sensorielle

Divers tests sont utilisés pour apprécier les qualités organoleptiques d'un aliment. Leur choix dépend essentiellement 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 essais entrant dans ce type d'épreuve sont employés pour évaluer l'ordre ou l'importance des différences, ou les catégories dans lesquelles les échantillons doivent être reportés.

Les épreuves de différenciation

Ces essais sont utilisés pour déterminer s'il y a ou non une différence sensorielle entre deux produits.

Les épreuves descriptives du profil

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

Elles font appel aux sensations d'agréable ou de désagréable et utilisent généralement les mêmes structures que les épreuves quantitatives.

Les méthodes employées pour tenter d'évaluer et de noter les qualités organoleptiques d'une viande bovine sont nombreuses. Certaines, illustrées précédemment, sont couramment employées. Cependant, chaque jour de nouvelles sont mises au point afin d'appréhender au

mieux une classification des qualités organoleptiques et afin de faciliter leur faisabilité au niveau industriel.

Ces méthodes sont aussi utilisées pour réaliser des études comparatives afin d'appréhender les effets plus ou moins bénéfiques de certaines techniques d'élevage.

5- Les moyens pour obtenir une viande de qualité :

Les qualités organoleptiques de la viande bovine sont sous la dépendance, non seulement des conditions de transformation du muscle en viande, mais aussi de la composition et de la structure de ce muscle. Cette composition et cette structure sont elles-mêmes fonction de nombreux facteurs tels que la génétique, l'alimentation, le mode d'élevage, les techniques d'abattage mais aussi le mode de cuisson de la viande.

Dans cette partie, nous allons étudier successivement le dépôt adipeux, la couleur, la jutosité, la flaveur et la tendreté de la viande suivant ces différents facteurs.

5.1) Le dépôt adipeux

Les lipides composant une viande influent sur la jutosité, la tendreté et la flaveur de la viande, voire même sur sa couleur. Il est cependant délicat d'envisager d'étudier chacune de ces qualités organoleptiques indépendamment pour ce même paramètre qu'est le dépôt adipeux. C'est pourquoi ce paragraphe préliminaire lui est consacré.

5.1.1) Influence de la génétique :

GEAY et RENAND au cours de différentes études ont démontré que la génétique était en partie responsable de ce dépôt adipeux et des qualités organoleptiques qui en découlent. Les dépôts adipeux visibles peuvent être intermusculaires ou intramusculaires et leurs proportions varient non seulement entre les races mais aussi au sein d'une même race. En effet, à même condition d'élevage, il existe une grande variabilité entre animaux quant à leur aptitude à engraisser. (**GANDEMER.G, GOUTEFONGEA.R.2004**)

Globalement, on retrouve à un extrême les races à viande britanniques, caractérisées par les viandes les plus grasses, qui s'opposent aux races culardes aux viandes particulièrement maigres. Les races à viande continentales et les races mixtes se situent entre ces deux extrêmes. Il est à noter que les races mixtes sont plus grasses que les races à viandes continentales.

A cette forte variabilité entre races s'ajoute une variabilité génétique intra-race également élevée pour l'adiposité des carcasses ($h^2 \cong 0,50$) et pour la teneur des muscles en lipides ($h^2 \cong 0,45$).

De plus ces dépôts adipeux sont fortement corrélés entre eux ($r \cong 0,64$). Ainsi, le choix d'une race ou la sélection intra-race sur la teneur en lipides intramusculaires ne peut se faire indépendamment de l'aptitude des animaux à l'engraissement. (**GANDEMER.G.1997**)

Par ailleurs, des animaux de différentes races élevés ou engraisés dans des conditions identiques présentent des différences significatives de poids et de composition de carcasse. Cependant, peu de différences marquées se retrouvent au niveau des caractéristiques des muscles de ces animaux. Les principales différences concernent le type de muscle qui est plus glycolytique chez les races à viandes et plus oxydatif chez les races rustiques.

Une étude de 1996 sur les porcs, menée par G. GANDEMER et R. GOUTEFONGEA, établit que les génotypes porcins à forte teneur en lipides intramusculaires (4 à 5g/100g) sont ceux qui donnent la viande la plus goûteuse. La découverte d'un gène majeur récessif qui régirait la teneur en lipides intramusculaires offre des perspectives intéressantes. Ils estiment que ces conclusions peuvent s'élargir à la race bovine. **(GEAY.Y, RENAND.G,1994)**

5.1.2) Effets zootechniques :

5.1.2.1) Influence de l'âge d'abattage :

Les vaches de races à viande sont abattues, en moyenne, plus âgées que les vaches laitières, surtout pour la limousine. Au delà de la race, les régions de production sont également source de variation importante sur l'âge de l'abattage des vaches.

Les phases d'évolution des caractéristiques des carcasses des vaches en fonction de leur âge à l'abattage sont relativement identiques quelle que soit la race : de 3 à 6 ans, les poids des carcasses augmentent alors que la conformation et l'état d'engraissement sont relativement stables. **(GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J,2002)**

Par contre, passé ce cap, lorsque les vaches vieillissent, leurs carcasses deviennent moins lourdes, moins bien conformées et plus maigres. Les pertes de conformation en fonction de l'âge sont supérieures chez les races à viande : entre 6 et 13 ans, la classe de conformation des vaches à viande peut diminuer de 1/3 à 1/4 contre de moins 1/5 à moins 1/10 pour les vaches laitières. **(GANDEMER.G, GOUTEFONGEA.R,2004)**

A partir d'un certain âge (vers 12 ans chez les races laitières, 14 ans pour les charolaises et 15 ans pour les limousines) ces phénomènes s'accroissent. Chez les vaches laitières le vieillissement entraîne surtout un amaigrissement de la carcasse.

D'autres travaux confirment que les lipides musculaires sont très marqués par l'âge chez les taurillons alors que dans le cas des vaches de réforme, ils sont influencés spécifiquement par la race. **(GEAY.Y, RENAND.G,1994)**

De même, une étude sur la race charolaise montre clairement que, dans des conditions alimentaires semblables, les caractéristiques lipidiques des muscles dépendent fortement chez le bovin charolais à la fois du type de muscle considéré, du type de production (taurillon, vaches de réformes) et de l'âge des animaux. **(BASTIEN.D, BROUARD-JABET.S,2000).**

Les variations les plus importantes des teneurs en lipides sont observées dans certains muscles en fonction de l'âge des taurillons et dans d'autres en fonction du type de production. L'idée communément répandue que les lipides s'accumulent dans les muscles avec l'avancement de l'âge des bovins se vérifie pour les muscles étudiés (le long dorsal, le triceps brachial et le semi tendineux) dans cette même étude chez les taurillons mais pas chez les vaches de réforme. (**HAUREZ.Ph, JOULIE.A,1994**).

Ceci laisse supposer que chez les animaux âgés, l'orientation du métabolisme lipidique varie en fonction du muscle. Ceci peut s'expliquer par des différences dans l'orientation des activités de lipogénèse et de lipolyse des tissus adipeux intramusculaires associées à ces muscles. (**PIERRET.P, BREUVART.A, EISENZAEMMER.C,2002**).

Pour conclure, au cours de la croissance et du vieillissement, la structure et la composition des muscles évoluent entraînant une augmentation de la dureté, de l'intensité de la flaveur et de la couleur, variable selon les muscles, en fonction de leur position anatomique et de leurs fonctions physiologiques (maintien de la posture ou participation aux mouvements). (**JURIE.C, BAUCHART.D,2002**).

5.1.2.2) Influence de la conduite du troupeau :

L'étude de G. GANDEMER et R. GOUTEFONGEA de 1996 démontre que l'élevage en plein air ne provoque pas de modifications significatives de la composition de la viande et n'améliore pas ses qualités organoleptiques.

Cette conclusion a été établie pour le porc mais les auteurs précisent que cela vaut sans doute pour les autres espèces. C'est pourquoi l'élevage en plein air n'est pas un critère objectif de production de viande de qualité (du point de vue teneur en lipides responsables de meilleures qualités organoleptiques), mais relève uniquement de l'image de marque commerciale. (**FROUIN.1984**).

5.2) La couleur

5.2.1) Influence de la génétique :

Les différences de couleur de viande entre races sont en partie liées aux différences d'adiposité. RENAND et GEAY démontrent pourtant que l'on ne peut conclure à l'existence de différences significatives entre races. Le coefficient d'héritabilité intra-race demeure faible

(**RENAND.G, LARZUL.C, LE BIHAN-DUVAL.E, LE ROY.P,2003**)

5.2.2) Influence de l'alimentation :

La couleur dépend de la teneur et de l'état de la myoglobine et de la structure du

muscle. Les conditions alimentaires peuvent modifier ces paramètres. **(WOLTER.R,1997)**

5.2.2.1) Effet de la nature de la ration :

La teneur en pigment, qui augmente avec l'âge, est influencée par 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. **(PRIOLO.A, MICOL.D, AGABRIEL.2000)**

Chez les bovins en croissance plus âgés, 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 des animaux au pâturage et au plus faible niveau alimentaire qu'à la nature de la ration sensu stricto.

L'intensité de la coloration de la viande est liée à sa richesse en myoglobine, ainsi qu'à l'état réduit de celle-ci sachant que l'oxydation, par exposition à l'air des surfaces de coupe tend à faire perdre la teinte rouge vif au profit d'une nuance marron plus ou moins foncé et terne, d'où l'intérêt de la présence de vitamine E et C pour retarder cette altération de la couleur des pièces découpées.

La supplémentation de la ration en sélénium et surtout en vitamine E permet de réduire fortement l'oxydation de la myoglobine et d'augmenter la durée d'exposition à l'air de la viande. En effet, le sélénium et la vitamine E protègent les phospholipides et le cholestérol des membranes contre l'oxydation. Cette résistance à la formation de composés issus de l'oxydation des lipides pourrait indirectement prolonger la vie de l'oxymyoglobine, et par la suite retarder sa décoloration. Elle permet aussi de réduire significativement l'oxydation des lipides et en stabilise la couleur. La supplémentation recommandée en vitamine E est de l'ordre de 400 à 500 mg /jour en phase de finition.

En ce qui concerne la vitamine E, il faut savoir qu'elle 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.

La couleur plus ou moins jaune des graisses de réserve dépend sur le plan physiologique de l'éventuel dépôt de pigments caroténoïdes d'origine alimentaire. Le dépôt de pigments caroténoïdes (pour les bovins, uniquement le carotène) d'origine alimentaire est très inégal en fonction de la race et de la richesse de la ration.

Par exemple, les jeunes bovins de boucherie engraisés avec de fortes proportions de farine de luzerne risquent d'avoir des graisses franchement jaunes, moins appréciées des consommateurs. **(CABARAUX.J.F, HORNICK.J.L,2003)**

5.2.2.2) Effet du niveau alimentaire :

Le niveau alimentaire semble conditionner la teneur en pigments de la viande des ruminants dans la mesure où une réduction des apports se traduit par une augmentation de la proportion de fibres oxydatives.

Des observations ont permis de prouver que la couleur de certains muscles de taurillons restreints était plus sombre que celle de taurillons témoins à niveau alimentaire élevé et abattus au même poids. Leur pigmentation et la densité capillaire étaient aussi plus intenses. (**BULTOT.D, DUFRASNE.2002**).

Cette couleur devenant d'autant plus rouge vif et brillante que la durée de finition était accrue. Ainsi, la sélection de souches ou de lignées à croissance très rapide avec un développement maximum des masses musculaires et très peu de gras de couverture semble privilégier une augmentation de la proportion de fibres musculaires de type IIb. Celles-ci se caractérisent par leur couleur blanche liée à leur pauvreté en myoglobine et à leur très faible potentiel aérobie par opposition aux fibres « rouges » de type IIa et surtout de type I.

5.2.3) Effet zootechnique

5.2.3.1) Influence de l'âge d'abattage :

L'âge a un effet très prononcé sur les différentes caractéristiques de la couleur. La concentration en myoglobine augmente au cours de la croissance, plus rapidement après la puberté qu'avant, jusqu'à un maximum variable selon les muscles et selon le sexe des animaux. Dans le même temps, la luminosité de la couleur diminue, la viande devient plus sombre. (**BAUCHART.D, DURAND.D,2002**).

Enfin, la stabilité de la couleur se réduit, la myoglobine oxydée prenant une couleur sombre. Les muscles « lents et rouges », dont la consommation d'oxygène est importante, sont les plus instables. Ainsi, pour les jeunes bovins de boucherie, compte-tenu d'un abattage précoce (dès l'âge de 15 à 18 mois) que permet une alimentation toujours intensive, leur viande contient deux fois moins de myoglobine que la viande d'un boeuf traditionnel.

5.2.3.2) Effet du sexe et de la castration :

La castration ne semble pas modifier significativement la teneur en pigments des différents muscles mais elle lève les caractéristiques de la luminosité ; la viande paraît moins sombre. Lorsque les viandes de taurillons ont un pH normal, inférieur à 6, la couleur est aussi stable que celle des bouvillons. (**DAMERGL.C, GEAY.Y, PICARD.B.1995**)

5.2.4) Technique d'abattage et évolution des viandes :

La transformation des animaux met en oeuvre un grand nombre d'opérations technologiques unitaires dont l'ensemble est décrit dans l'annexe 1. Ces opérations peuvent

influencer les qualités organoleptiques. **(FROUIN.2004)**

Les conditions d'abattage conditionnent la valeur ultime du pH de la viande. Or une relation significative a été mise en évidence entre la couleur de la viande et la valeur du pH.

Le maintien de la viande à un pH élevé la fait apparaître sombre à la coupe. La fréquence d'apparition de ces viandes peut être réduite par une amélioration de la conduite des animaux avant l'abattage : animaux bien nourris, manipulés sans stress, transportés sur de courtes périodes et maintenus brièvement dans des conditions évitant les conflits d'animaux.

Une décroissance graduelle du pH en 24 heures jusqu'à une valeur ultime de 5,6 conduit à une viande de couleur rouge vif, recherchée par le consommateur. Mais une décroissance trop rapide du pH se traduit par une couleur pâle, caractéristique des viandes exsudatives. **(GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J,2002)**

Par la suite, préserver la couleur de la viande passe par une gestion correcte de la chaîne du froid et par la mise en oeuvre de différents procédés de conservation et de protection du produit, aux mains des professionnels d'aval. Deux solutions sont possibles pour conserver la viande :

- sous de fortes pressions en oxygène, à l'air sous atmosphère enrichie en oxygène, pour une conservation de courte durée présentant l'avantage d'une couleur de viande attrayante,

- en l'absence d'oxygène (facteur d'altération majeur), le plus souvent sous vide pour un stockage plus long.

Dans tous les cas, il convient de limiter le temps de passage de la viande au contact direct de l'air ambiant. **(MOËVLI.2006)**

5.2.5) Evolution au cours de la cuisson :

La pigmentation gris brun des viandes cuites est attribuée à la dénaturation des pigments hémiques au cours de la cuisson. La nature exacte du pigment de la viande cuite est encore imparfaitement connue : ce serait un complexe hème-globine dénaturé, le fer étant à l'état ferrique. La dénaturation du pigment est fonction de la température et de la durée de cuisson.

Ces conclusions complexes soulignent la difficulté d'entreprendre un mode de sélection concernant la couleur de la viande sans risquer de diminuer la maîtrise d'autres paramètres, notamment la flaveur et la jutosité.

(LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R,1984)

5.3) La jutosité

5.3.1) Influence de la génétique :

Comme pour la couleur, les différences de jutosité de viande entre les races sont en partie liées aux différences d'adiposité. De même, RENAND et GEAY démontrent que l'on ne peut conclure à l'existence de différences significatives entre races. Le coefficient d'héritabilité intra-race est faible (jutosité $h^2 \approx 0,10$). Certains points se distinguent, tels qu'une liaison génétique entre flaveur et teneur en lipides intramusculaires plus marquée que celle concernant la jutosité ou la flaveur.

(RENAND.G, LARZUL.C, LE BIHAN-DUVAL.E, LE ROY.P,2003)

5.3.2) Influence de l'alimentation :

La jutosité de la viande a fait l'objet de beaucoup moins d'études que les autres qualités organoleptiques. Ceci est sans doute dû, en partie, au fait que ce critère de qualité est moins important, de l'avis des consommateurs, que la tendreté ou la couleur. La jutosité dépend d'abord de l'aptitude à libérer de l'eau, laquelle est optimale pour un pH voisin de 5,8. Celui-ci est tributaire d'une teneur en glycogène au moment de l'abattage induisant une baisse satisfaisante du pH au cours de la maturation post mortem. La jutosité est également conditionnée par l'état d'engraissement, plus particulièrement par l'abondance de la graisse intra-musculaire ou persillée. En outre, la jutosité est difficile à mesurer de façon instrumentale et n'est appréciée que par des jurys de dégustation dont la mise en oeuvre est plus lourde. Les méthodes utilisées pour la préparation des échantillons sont très variables selon les travaux réalisés. De plus, aucune étude n'a cherché à faire varier ce critère sans modifier les autres qualités sensorielles, or, elles interfèrent fortement avec la jutosité. Les résultats d'études concernant le rôle de l'alimentation sont contradictoires. Certains estiment que la nature de la ration n'influe pas sur la jutosité. Il n'y a aucune différence significative entre des viandes de taurillons alimentés au pâturage ou à l'auge avec des céréales, malgré des différences d'adiposité et de tendreté de la viande. De même une autre étude conclut à l'absence de différence de jutosité entre des viandes de bouvillons recevant à l'auge soit une ration d'ensilage de luzerne, soit une alimentation riche en aliments concentrés. En revanche, une étude conclut que la viande de taurillons engraisés au foin a présenté une jutosité plus grande que celle issue de taurillons alimentés avec de l'ensilage d'herbe. D'autre part, les relations existantes entre jutosité et teneur en lipides sont délicates à évaluer. En fonction des études elles varient avec le muscle étudié, l'alourdissement des carcasses, le niveau d'apport en protéine et le niveau d'apport en énergie, modifiant eux même le taux d'accroissement du muscle. La jutosité, très complexe à évaluer, reste très subjective. Les possibilités de modifier la jutosité de la viande par le biais de la nutrition apparaissent donc très controversées et des essais complémentaires et concordants sont nécessaire avant de pouvoir définir une stratégie.

(GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J.2002)

5.3.3) Effet zootechnique :

5.3.3.1) Influence de l'âge d'abattage :

Le type de fibres joue un rôle déterminant sur l'intensité de la flaveur et de la jutosité. Bien que le nombre de fibres dans un muscle considéré soit relativement fixé à la naissance, la proportion des différents types de fibres n'est pas constante dans la plupart des muscles. Durant la première partie de la vie, au moins jusqu'à 12 mois chez les bovins mâles, divers auteurs ont montré une graduelle réduction de la proportion de fibres IIa au bénéfice des fibres IIb. L'activité glycolytique du muscle s'accroît. Après 12 mois, chez les mâles entiers, cette évolution se ralentit puis s'inverse progressivement : l'activité oxydative se développe. En revanche le nombre de fibres à contraction lente (de type I) reste constant quel que soit l'âge. Ainsi, l'accroissement au cours du vieillissement de l'activité oxydative peut-il être relié à l'augmentation de l'adiposité et par suite à celle de l'intensité de la jutosité et de la flaveur. (RENERRE.M, 2006)

Enfin, une étude menée en 2003 et 2004 sur des génisses de race charolaise a démontré les points suivants :

□ pour un âge donné, les génisses les plus lourdes, c'est à dire ayant les gains de poids vif sur la vie plus élevés, fournissent les viandes les plus tendres, mais également les viandes les plus juteuses et d'intensité de flaveur les plus intenses. A âge égal, l'augmentation du poids des carcasses est donc favorable à la qualité de la viande.

□ abattues à âge différent, les génisses les plus jeunes sont à l'origine des viandes les plus tendres, confirmant ainsi la corrélation négative entre l'âge d'abattage et la tendreté de la viande, mais aussi sa flaveur et sa jutosité. (OURY.M.P, AGABRIEL.J., 2006)

5.3.3.2) Effet du sexe et de la castration :

La castration est associée à une augmentation de la jutosité en relation avec l'accroissement de la teneur en lipides intramusculaires. (DAMERGLI.C, GEAY.Y, PICARD.B, 1995)

5.3.4) Evolution au cours de la cuisson :

L'élévation de la température entraîne des modifications importantes de la structure des protéines et une diminution de la solubilité des protéines sarcoplasmiques. Ces phénomènes s'accompagnent d'une baisse du pouvoir de rétention d'eau, d'une rupture des liaisons de l'eau suivie de sa migration hors du morceau. Cette migration détermine les pertes de poids de la viande à la cuisson. Dès 40°C, le pouvoir de rétention d'eau de la viande est modifié et une certaine quantité d'eau est donc susceptible de migrer hors du morceau si les conditions de chauffage lui en laissent le temps. Les différents effets décrits précédemment démontrent l'importance de la cuisson pour la révélation de la jutosité d'une viande. Comme pour la couleur, il apparaît que la jutosité est dépendante de nombreux facteurs et que leurs variations ne sont pas nécessairement bénéfiques aux autres qualités organoleptiques.

(LAMELOISE.P.1984)

5.4) La flaveur :

5.4.1) Influence de la génétique :

Similairement à la couleur et la jutosité, les différences de flaveur de la viande en fonction des races sont en partie liées aux différences d'adiposité. RENAND et GEAY démontrent une fois de plus que l'on ne peut conclure à l'existence de différences significatives entre races. Le coefficient d'héritabilité intra-race est aussi faible que les précédents (saveur $h^2 \cong 0,12$).

Certains points se distinguent pourtant, tels qu'une liaison génétique entre flaveur et teneur en lipides intramusculaires plus marquée que celle concernant la jutosité ou la couleur.

Cependant, d'après des études nord américaines, la flaveur est loin de dépendre de la seule teneur en lipides. Il semblerait que des taurillons caractérisés par des muscles avec une plus forte proportion de fibres plutôt « blanches », à métabolisme glycolytique, aient une flaveur un peu plus marquée ($r \cong 0,22$). Cette relation entre ces deux variables au sein d'une population de taurillons d'une même race ne correspond pas à celle qui existe lorsque sont comparées les viandes d'espèces différentes : les viandes « rouges » (à métabolisme plutôt

oxydatif) présentent une intensité de flaveur supérieure à celle des viandes « blanches ».

Encore une fois, ces conclusions contradictoires soulignent la difficulté d'entreprendre un mode de sélection concernant la flaveur sans risquer de diminuer la maîtrise des autres paramètres. (RENERRE.M,2006)

5.4.2) Influence de l'alimentation :

L'application des conditions nutritionnelles qui conduisent, chez le ruminant, à des modifications de la proportion et de la nature des acides gras, ou de la proportion de composés participant à la réaction de Maillard, entraîne une modification de la flaveur de la viande.(PRIOLO.A, MICOL.D, AGABRIEL.J,2004)

5.4.2.1) Effet du pH :

La formation des composés intervenant dans l'élaboration de la flaveur dépend du pH de la viande. Ainsi, maintenir le pH de la viande à une valeur élevée par un stress avant l'abattage s'accompagne d'une production accrue de composés issus de l'oxydation des acides gras lors de la cuisson ultérieure de cette même viande.

L'accroissement de la capacité de rétention d'eau des viandes sombres à la coupe pourrait être un facteur supplémentaire du développement d'odeurs désagréables.

A l'inverse, les conditions nutritionnelles permettant d'assurer une teneur satisfaisante en glycogène du muscle sont propices à une flaveur agréable de la viande.

5.4.2.2) Les acides gras :

Les lipides contribuent à la flaveur de la viande, en particulier par la nature de leurs acides gras qui conditionnent la nature des produits de l'oxydation induite par la cuisson. Il est à noter que les acides gras saturés (AGS) très résistants à l'oxydation à basse température, contrairement aux acides gras polyinsaturés (AGPI), sont décomposés à haute température.

Les hydroperoxydes formés diffèrent de ceux provenant de l'oxydation des lipides à basse

température et leur dégradation à la cuisson donne naissance à un grand nombre de produits volatils. (WOLTER.R.1997)

Comme nous l'avons vu précédemment, certains d'entre eux, tels les aldéhydes interviennent indirectement dans la flaveur par leur implication dans certaines réactions de Maillard. Par ailleurs, chez les bovins, les lipides contribuent également à la flaveur de la viande par le fait qu'ils solubilisent certains composés comme le scatole ou les terpènes présents dans l'herbe ou issus de la digestion de la chlorophylle dans le rumen et dont certains sont volatils à la cuisson. En outre, certains lipides riches en AGPI sont relativement instables dans la viande crue et leur oxydation à basse température génère des flaveurs désagréables.

Même si la flaveur est d'abord le fruit du temps, l'intensification alimentaire y contribue nettement aussi en augmentant l'infiltration graisseuse inter et intra musculaire, « marbré » et « persillé ».

Ainsi, le boeuf élevé à l'herbe de manière semi extensive risque de fournir une viande colorée mais peu douceâtre (parallèlement à une certaine richesse en acide linoléique). Une finition intensive, au besoin aussi courte que 1,5 à 2 mois, suffit alors pour accroître la flaveur à la faveur d'un meilleur état d'engraissement (avec augmentation relative des teneurs en acide oléique et linoléique).

Au-delà du niveau alimentaire, la nature de la ration a son importance. Non seulement, elle modifie l'équilibre des acides gras longs, peut être déjà impliqués dans la saveur, mais retentit surtout dans la richesse en acides gras courts et hydrosolubles ainsi qu'en diverses substances volatiles (carbonyl et autres) qui sont les supports majeurs de la flaveur.

Cette influence est susceptible d'être directe par transmission d'un goût attaché aux aliments.

Elle peut aussi mettre en jeu le relais du métabolisme de la microflore digestive qui libère des

substances non identifiées à faible poids moléculaire, qui se retrouvent dans la viande et rehaussent sa flaveur. (GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J.2002)

D'après une étude, lorsque les ruminants reçoivent des rations riches en concentrés (céréales), une proportion importante d'acide linoléique échappe à l'hydrogénation ruminale et est déposée dans les tissus au détriment des acides gras saturés. Lorsque la durée de consommation de concentrés augmente, la concentration d'acide linoléique dans les phospholipides des muscles diminue et celle de l'acide linoléique augmente. D'autres travaux ont démontré que les produits de dégradation des lipides tels que les aldéhydes et les cétones étaient beaucoup plus apparents dans les composés volatils de la viande de bouvillons ayant consommé de l'herbe que dans celle de bouvillons ayant consommé des céréales. Les terpènes étaient moins abondants dans la viande de ces derniers animaux et leur concentration dans la viande de bouvillon était liée au changement de flaveur.

5.4.2.3) Quelques flaveurs spécifiques :

Quelques observations démontrent l'influence qualitative de la ration des animaux sur la flaveur de la viande. Par exemple, les graines de légumineuses, notamment la féverole et plus encore le fenugrec, sont capables de conférer une certaine amertume.

Les grains moisissés, les ensilages mal conservés peuvent transmettre à la carcasse une odeur répugnante. Les boeufs nourris exclusivement avec de la paille dans les salles d'attente des abattoirs fourniraient des viandes plus fades. Au contraire, il existe des « crus de viande » au « goût de terroir » recherché que l'on attribue à des régimes particuliers et qui se rattachent aussi à la race, à l'activité physique, au mode de production semi extensif, suivi d'une finition conduite avec le meilleur sens de l'élevage en plus de la qualité intrinsèque des aliments.

5.5) La tendreté

5.5.1) Influence de la génétique :

La tendreté est à mettre en relation avec la teneur en lipides, le collagène et la teneur en fibres.

5.5.1.1) La teneur en lipides

Il existe une variabilité génétique intra-race non négligeable de la tendreté et seule une mesure objective, telle que la force de cisaillement, semble apte à discriminer les différences

entre animaux. Ainsi, RENAND a trouvé une corrélation génétique ($r \cong 0,21$) entre l'adiposité des carcasses de taurillons et la force de cisaillement où cette dernière était mesurée sur un échantillon de viande crue après six jours de maturation. De même, un certain nombre de travaux nord-américains ont mis en évidence une corrélation génétique entre la tendreté et la teneur en lipide intramusculaires ($r \cong 0,5$). Dans ce cas, deux points sont mis en avant : d'une part, les animaux ayant une couverture adipeuse plus épaisse sont mieux protégés contre la contracture au froid en cas de réfrigération rapide ; d'autre part, la teneur en lipides intramusculaires peut intervenir dans la texture de la viande après cuisson, d'autant plus que la température de cuisson est élevée.

A l'inverse, une étude européenne affirme qu'il n'existe aucune relation entre tendreté et teneur en lipides intramusculaires. Il est utile de noter dès à présent l'importance des conditions d'expérimentation. En effet, les différences de résultats obtenus concernant les études sur la tendreté opposent études européennes et études américaines. Les habitudes alimentaires sur ces deux continents présentent de telles disparités de modes de cuisson et de cuisine que leurs répercussions sur la perception de la tendreté d'une viande et donc les résultats des études sont inévitables. Cependant, toutes ces études s'accordent pour dire que, à l'inverse des corrélations phénotypiques faibles, les corrélations génétiques sont assez élevées entre la note de persillée d'une part et la note de tendreté ou la force de cisaillement d'autre part.

(BROUARD.S, RENAND.G, TURIN.F,2001)

5.5.1.2) Le collagène et les fibres musculaires :

Généralités :

La tendreté dépend majoritairement de deux composantes : des fibres, notamment de leur taille et de leur type, et du collagène, notamment de sa teneur et de sa solubilité. Les caractéristiques du tissu conjonctif et des fibres musculaires déterminent respectivement la dureté de base et l'évolution de la tendreté pendant la maturation post mortem. En ce qui concerne la teneur en collagène, elle décroît de la race Holstein – Frisonne aux races mixtes et aux races à viande britanniques, puis des races à viandes continentales aux races culardes. Ce classement est étroitement corrélé avec la tendreté ($r = 0,9$) ou avec la force de cisaillement ($r = 0,9$). Il a également été démontré que la faible teneur en collagène des muscles des animaux culards est une de leurs principales caractéristiques qui explique la plus grande tendreté de leur viande. Toutefois, la teneur en collagène ne peut expliquer seule les

différences de tendreté, des études démontrent l'importance de la solubilité du collagène dans la tendreté de la viande sans pour autant réussir à établir une relation génétique concrète.

Ensuite, l'héritabilité de la proportion des différents types de fibres ou de la mesure des activités contractiles ou métaboliques est proche de $h^2 = 0,30$. Il n'existe pas d'effet racial bien clair sur cette caractéristique et comme pour la teneur en lipides, les études ne sont pas unanimes. En effet, une étude a démontré, en étudiant les relations individuelles entre animaux, que la tendreté allait de pair avec la moindre proportion de fibres blanches et rapides. Ces résultats vont à l'encontre d'autres travaux faisant référence à la variabilité individuelle ou la variabilité entre muscles. Ces travaux démontrent que la vitesse de maturation post mortem est plus rapide dans les muscles qui ont la plus forte proportion de fibres à contraction rapide et métabolisme glycolytique. Cette vitesse de maturation rapide améliore la tendreté de la viande. Pour conclure, des fibres de petite taille, une moindre teneur en collagène et un collagène plus soluble sont favorables à la tendreté. La majorité des études tendent à conclure que les animaux dont le métabolisme dominant des muscles est plus oxydatif ont tendance à produire une viande qui mature moins vite et qui est donc plus dure.

Approche biochimique. Au niveau des réactions biochimiques musculaires, il existe aussi une héritabilité de la proportion des différentes enzymes intervenant dans la maturation de la viande et donc sur sa tendreté. La calpaïne est responsable de la majorité de l'attendrissement de la viande dans la période post mortem. En effet, elle participe à la protéolyse de nombreuses protéines dont la tropomyosine. Par contre, elle ne s'attaque ni à l'actine, ni à la mysosine. Le reste de la protéolyse étant assurée par le système cathepsine / cystatine (protéase acide lysosomiale). L'évolution de la tendreté au cours de la maturation résulte de l'interaction entre la sensibilité des protéines myofibrillaires à l'action des enzymes protéolytiques et la nature de ces enzymes.

D'une part, il a été montré que la viande de type « zébu » est plus dure que celle des animaux de type « taureau » car l'activité de la calpastatine (inhibiteur des calpaïnes) y est nettement plus élevée alors qu'il n'y a pas de différence d'activité des protéases (calpaïne et cathepsine), ni de la teneur en collagène, ni du typage des fibres.

D'autre part, la moindre tendreté des animaux blanc bleu belge culard par rapport aux animaux non culards est expliquée par un ratio calpaïne/calpastatine plus faible alors que les muscles des animaux culards contiennent moins de collagène et que celui-ci est plus soluble.

Enfin, au niveau intra-race, l'activité de la calpastatine est la caractéristique biologique du muscle qui explique la plus grande part de la variabilité individuelle de la tendreté.

Les résultats présentés ci-dessus ne sont pas exhaustifs. Il apparaît que l'héritabilité des protéases intervenant dans le processus de maturation de la viande est complexe et source de nombreuses recherches.

Pour finir, une étude a été menée en 2005 pour quantifier les différentes protéines musculaires et tenter d'identifier celles qui pourraient devenir de potentiels indicateurs génétiques de la tendreté de la viande. En comparant les races charolaise, limousine et salers, les chercheurs ont mis en évidence la présence de 4 protéines exprimées différemment entre les races à viande et la race rustique salers. Parmi ces protéines, une majorité correspond à des protéines de l'appareil contractile et du métabolisme du calcium. Cela aurait pu expliquer la tendreté supérieure généralement observée pour les races à viande. Mais l'étude a aussi été menée sur deux « lots de tendreté » au sein de chaque race et dans ce cas, peu de protéines apparaissent différentes d'un lot à l'autre. (**DENOYELLE.C, BROUARD.2006**)

Chez les bovins, la commercialisation de la viande en frais et le stade de maturité nettement plus avancé que dans les autres espèces placent la tendreté comme qualité prioritaire à améliorer. Ce caractère ne pouvant être mesuré en routine, l'espoir réside dans la recherche de gènes marqueurs utilisables pour une sélection directe. Il est donc nécessaire de trouver un ou des gènes responsables ou des marqueurs très proches pour exploiter la variabilité de la tendreté des viandes au sein des populations élevées en France. Toutefois, cette démarche se heurte à la pauvreté des résultats publiés dans les domaines publics et à la difficulté d'obtenir des données phénotypiques pertinentes pour étudier finement les régions du génome ou tester d'éventuels gènes candidats mis en évidence dans d'autres études.

5.5.2) Influence de l'alimentation :

Les conditions nutritionnelles 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. Elles influencent donc la tendreté de la viande. Nous allons étudier ces conditions successivement.

5.5.2.1) Effet du niveau alimentaire en phase de finition :

La réduction du niveau alimentaire lors de la finition détériore les qualités sensorielles de la viande en particulier la tendreté. La restriction alimentaire s'accompagne en effet, chez le ruminant, d'une réduction de la proportion de fibres glycolytiques « blanches », au profit surtout des fibres « rouges » oxydoglycolytiques, mais aussi des fibres « rouges » lentes, à vitesse de maturation plus lente.

La proportion de collagène s'accroît du fait de la réduction de la proportion de protéines myofibrillaires et la solubilité du collagène diminue, qu'il s'agisse de bouillons en croissance ou de vaches. (GEAY.Y, RENAND.G,1994)

En outre, il est connu depuis longtemps que la réduction du niveau alimentaire s'accompagne d'une réduction de l'adiposité de la carcasse et de la teneur en lipides intramusculaires. Or, il existe une relation étroite entre la tendreté et l'adiposité sous cutanée, une épaisseur de gras sous cutanée de 6 à 10 mm protégeant les muscles contre la contraction au froid et maintenant la température musculaire à un niveau accélérant la maturation. Il est à préciser que le gras intramusculaire intervient plus favorablement sur la tendreté lorsque sa teneur dépasse 6%. Mais ces teneurs sont incompatibles avec une bonne acceptabilité par le consommateur européen. De plus, les effets d'une variation du niveau alimentaire sur le type métabolique et contractile des fibres vont dépendre, pour une espèce considérée, de la période durant laquelle elle est appliquée. Ainsi, une étude a prouvé qu'une réduction des quantités de lait distribuées à des veaux durant les quatre premiers mois après la naissance se traduit vers 9 mois, après une réalimentation ad libitum, par une réduction de la proportion de fibres « rouges lentes » de type I, une augmentation de fibres « blanches rapides » de type IIb sans modifier la proportion de fibres « rouges rapides ». Cet effet a cependant disparu totalement à 18 mois. Lorsque la restriction a lieu après le sevrage, la proportion de fibres IIb décroît, au bénéfice des fibres IIa. Ainsi, l'accroissement du niveau énergétique durant la phase de finition des

ruminants est favorable à l'amélioration de la qualité sensorielle 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. (GEAY.Y, BAUCHART.D,2002)

5.5.2.2) Effet de la composition de la ration :

Les variations de composition de la ration entraînent des modifications des processus digestifs, qui régulent la nature et la proportion des nutriments absorbés par le ruminant. Elles sont donc susceptibles de modifier la tendreté de la viande. Diverses études ont été réalisées dans ce sens en comparant notamment des régimes à base de fourrage à des régimes à base de céréales. Certaines études concluent que la viande issue de régime à base de fourrage est moins tendre. Mais, dans la plupart de ces expériences l'effet du niveau alimentaire a été confondu à l'effet strict de la nature de l'alimentation et parfois celui de l'activité physique, susceptible de modifier les caractéristiques musculaires. C'est notamment le cas lorsque les fourrages sont consommés au pâturage. Les écarts peuvent s'expliquer par des différences de vitesse de croissance, d'état d'engraissement ou d'âge. Afin d'éliminer l'effet de ces deux derniers facteurs, des études ont comparé la viande de bouvillons alimentés avec les deux types de régimes précédents et abattus à différents âges et différents niveaux d'adiposité. Correction faite pour l'effet de ces facteurs, aucune différence de tendreté n'a été observée pour les viandes issues de ces deux régimes. Les études sur certaines races confirment les disparités de résultats et la complexité de l'approche du rationnement.

Par exemple, une étude belge sur des blancs bleus belges démontre que le régime de finition à base de céréales améliore potentiellement la tendreté. Une autre étude conduite sur des salers arrive à des conclusions inverses. Elle a mis en évidence que les caractéristiques musculaires et les qualités sensorielles de la viande pourraient laisser présager d'un effet spécifique de la nature de la ration. En particulier l'ensilage de maïs a conduit dans cet essai, à des muscles au collagène moins soluble, dont certains étaient plus durs et moins juteux qu'avec le foin. Ceci est contraire au deux essais de l'institut de l'élevage comparant l'ensilage de maïs au foin et où les mêmes muscles n'ont présentés aucune différence de qualité.

Face aux contradictions de ces nombreuses études, il est délicat de formuler une conclusion certaine. Nous retiendrons donc qu'en fonction de la race, du muscle étudié et des conditions d'élevage, il peut y avoir des variations sur la tendreté de la viande. Cependant, toutes ces

études semblent s'accorder sur le fait que l'effet de la composition de la ration sur la tendreté, seul, qu'il soit favorable ou défavorable, est assez faible. (GEAY.Y, PICARD.B,2005)

5.5.2.3) Effet de la croissance compensatrice :

La croissance compensatrice est le moyen le plus couramment utilisé par les éleveurs pour fournir des viandes plus tendres. La ré-alimentation des ruminants après une période de restriction entraîne une reprise de la croissance à un niveau supérieur à celui qu'elle aurait atteint si les animaux n'avaient pas été restreints.

Ce phénomène de croissance compensatrice s'explique par le fait qu'un animal, lorsqu'il cesse d'être sous-alimenté, a une capacité d'ingestion accrue, des besoins d'entretien plus faibles et est un meilleur transformateur. Au début de cette période suivant la sous-alimentation,

les gains de poids vifs sont les plus élevés et le tissu adipeux est formé en faible quantité mais il est plus important ensuite, si bien qu'en définitive, abattu au même poids que l'animal non restreint, sa carcasse aura une valeur bouchère comparable.

Cette amélioration de la tendreté s'explique en partie par une augmentation de la synthèse de collagène de solubilité plus élevée. Elle pourrait être aussi due à l'accroissement du pourcentage de collagène de type III. Celui-ci pourrait jouer un rôle dans la tendreté en réduisant la taille des fibres de collagène de type I. Des études in vitro ont en effet montré que le collagène de type III peut contrôler le diamètre des fibres collagéniques de type I en recouvrant leur surface. L'accroissement de la tendreté pourrait également être relié à l'accroissement de la proportion de fibres musculaires glycolytiques à maturation plus rapide au dépend de la proportion de fibres lentes. Enfin, cet accroissement de tendreté pourrait parfois être relié à l'augmentation de la teneur en lipides intramusculaires, celle-ci dépendant

du stade physiologique de l'animal au moment de sa ré-alimentation.

La restriction alimentaire entraîne d'autre part un accroissement de l'activité oxydative, accompagnée d'un accroissement de la proportion de fibres de type I (« rouges lentes ») et d'une réduction de fibres IIb (« blanches rapides ») glycolytiques. Cette évolution est peu favorable à une amélioration de la tendreté. A l'inverse, la croissance compensatrice entraîne un accroissement de l'activité glycolytique et s'accompagne d'une réduction de la proportion de fibres de type I et d'un accroissement de fibres de type IIb, qui est favorable à une amélioration de la tendreté. (HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J,2002)

Il est nécessaire pourtant d'établir des limites à la pratique de la limitation de croissance par une restriction alimentaire. Il faut retenir qu'elle ne doit pas être appliquée à n'importe quelle race, en particulier le charolais, et que sa mise en oeuvre ne doit pas être trop proche de la date d'abattage.

De même, les effets de la restriction alimentaire chez les animaux entiers et castrés ne sont pas similaires. En effet, chez les castrés, elle est sans effet sur la teneur en collagène, sur ses liaisons intermoléculaires ainsi que sur la stabilité thermique. Par contre, chez les animaux entiers, elle se traduit par une augmentation de la teneur totale en collagène et une diminution de l'importance des liaisons pyridiniums, elle n'a pas d'effet sur la thermostabilité du collagène. (BEGON.C, JURIE.C, PICARD.B,2007)

Cette croissance compensatrice consiste donc en un passage d'un régime à niveau énergétique bas à un régime à niveau énergétique élevé. Il en résulte une augmentation du taux de collagène et de sa solubilité, développant ainsi la tendreté des muscles riches en collagène.

5.5.3) Effets zootechniques

5.5.3.1) Influence de l'âge d'abattage :

A l'inverse de la couleur et de la sapidité, la tendreté est maximale chez le tout jeune animal puis décline avec l'âge et l'activité physique, parallèlement à une progression du taux de collagène et de son degré de complexification.

L'augmentation de la dureté d'origine collagénique est à relier d'avantage à une réduction de la solubilité de cette protéine qu'à un accroissement de sa teneur. En effet, celle-ci décroît après la naissance, les protéines collagéniques étant de plus en plus diluées par les protéines myofibrillaires dont l'apparition est plus tardive. Par la suite, dans les muscles à forte teneur en collagène, celle-ci s'accroît légèrement après la puberté. En revanche, elle se stabilise, au moins jusqu'à 20 mois dans les muscles pauvres en collagène (le long dorsal et le semi tendineux). La solubilité du collagène dans l'eau et sous l'action de la chaleur décroît progressivement lorsque l'âge augmente et que la viande devient de moins en moins tendre. Ces changements sont généralement attribués à une augmentation graduelle du nombre de liaisons intermoléculaires stables.

Enfin, l'étude menée en 2003 et 2004 sur des génisses de race charolaise confirme ces données. Pour un âge donné, les génisses les plus lourdes, c'est à dire ayant les gains de poids vif sur la vie plus élevés, fournissent les viandes les plus tendres, mais également les viandes les plus juteuses et d'intensité de flaveur les plus intenses. A âge égal, l'augmentation du poids des carcasses est donc favorable à la qualité de la viande. Abattues à âge différent, les génisses les plus jeunes sont à l'origine des viandes les plus tendres, confirmant ainsi la corrélation négative entre l'âge d'abattage et la tendreté de la viande. (GEAY.Y,2002)

5.5.3.2) Effet du sexe et de la castration :

Lorsque l'on compare les animaux à un même âge, au-delà de la puberté, la viande des mâles entiers est moins tendre que celle des mâles castrés, elle-même moins tendre que celle des femelles. Ces variations peuvent s'expliquer en partie par des différences de solubilité du

collagène et en partie par des différences de type métabolique et contractile des fibres.

Ainsi, la moindre teneur en collagène des muscles de génisse à 13 et 24 mois, par rapport à ceux des taurillons, est un élément déterminant des différences de tendreté entre les deux types d'animaux. De même, une étude a montré une plus forte teneur en collagène chez des taurillons que chez des bouvillons entre 12 et 14 mois au niveau des muscles les plus durs, accompagnée d'une chute de la solubilité.

Toutefois, cette différence, qui se met en place entre 9 et 12 mois, est précédée durant cette première phase d'un accroissement de la solubilité de ce collagène. Au démarrage de la puberté des mâles entiers, les fibres de collagène, bien que plus nombreuses que chez les castrés, ont une taille plus faible, sont moins réticulées et plus solubles. Les différences de tendreté dans les viandes issues de divers types d'animaux peuvent aussi être liées aux modifications observées au niveau des fibres musculaires.

Les androgènes augmentent la taille de toutes les fibres comme le montrent divers auteurs et ralentissent à même âge et à même poids la conversion des fibres IIa en fibres IIb. La proportion des fibres « rouges » à métabolisme oxydatif est donc plus importante chez les mâles entiers que chez les animaux castrés. Or, ces fibres mûrent moins vite et utilisent d'avantage les acides gras que les fibres « blanches », ce qui peut expliquer la plus faible proportion de dépôts adipeux des taurillons.

Pour finir, la viande des femelles est plus tendre que celle des taurillons, à la fois du fait d'une plus faible teneur en collagène de leurs muscles et de sa plus grande solubilité. Elles auraient en outre moins de fibres de type I que les bouvillons et un pourcentage plus élevé de fibres glycolytiques, ce qui devrait se traduire par une plus grande vitesse de maturation et une plus faible teneur en pigment. **(DAMERGI.C, GEAY.Y, PICARD.B.1995)**

5.5.3.3) Evolution au cours de la cuisson :

La cuisson agit à la fois sur la composante conjonctive et sur la composante myofibrillaire de la tendreté de la viande. En règle générale, elle va avoir une action d'attendrissage sur le tissu conjonctif du fait de la transformation du collagène en gélatine, alors qu'elle augmente la résistance des protéines myofibrillaires. Sous l'action de la chaleur, les protéines musculaires sont dénaturées. Il y a rupture de certaines liaisons, déroulement des molécules, puis réarrangement spatial et formation de nouvelles liaisons entre les groupements réactifs libérés. Les molécules dénaturées ont tendance à précipiter, à coaguler. Souvent également, le réarrangement spatial et la formation de nouvelles liaisons entraînent un phénomène de rétraction des chaînes protéiques. La coagulation des protéines myofibrillaires commencent vers 30 – 35°C, elle est totale à 60- 65°C, mais plus la température augmente, plus le coagulum est stable et plus la viande est dure. Parallèlement, il y a diminution de volume des fibres musculaires. L'évolution du collagène au cours du chauffage se fait en trois phase :

- phase 1 : jusqu'à 50-60°C, il y a diminution de la résistance au cisaillement du collagène du fait de l'intervention d'une collagénase active dans cette zone de température. Au voisinage de 60°C, cette cathepsine est dénaturée et devient inactive.

- phase2 : lorsque la température atteint 60-70°C, on observe une rétraction brutale des fibres de collagène. Simultanément, la dureté de la viande augmente, le réseau conjonctif venant comprimer fortement les structures myofibrillaires avec une expulsion d'une certaine quantité d'eau.

- phase 3 : parallèlement à son raccourcissement, le collagène se trouve solubilisé : c'est le phénomène de gélatinisation qui se poursuit pendant tout le chauffage. Une partie de la gélatine ainsi formée passe dans le jus de cuisson, le reste est retenu entre les fibres musculaires et joue le rôle de lubrifiant : en permettant le glissement des fibres musculaires les unes par rapport aux autres, il diminue la résistance au cisaillement et à la mastication. L'évolution du tissu conjonctif au cours de la cuisson varie en fonction de ses caractéristiques et en particulier en fonction du degré de polymérisation du collagène ; plus celui-ci sera élevé, plus la température de rétraction sera élevée et plus la gélatinisation nécessitera une cuisson prolongée. (JAILLER.R, GEAY.Y, PICARD.B,2002)

Dans ces conditions, le choix d'un mode de cuisson conduisant à une tendreté maximale sera fonction de la composition du morceau. Dans le cas des viandes dites de première catégorie, pauvres en tissu conjonctif, la température finale au coeur ne devra pas dépasser 60-65°C de façon à éviter une dénaturation trop importante des protéines myofibrillaires et à se situer en dessous de la température de rétraction du collagène (rôti ou grillade).

Par contre, les viandes de deuxième et troisième catégorie, en particulier celles provenant d'animaux âgés, gagneront à être cuites à température plus élevée et plus longtemps de façon à favoriser la gélatinisation du collagène (viande à braiser, à bouillir). Ces viandes peuvent dans certains cas être utilisées en rôtis en utilisant la technique de la cuisson lente à basse température, c'est-à-dire une cuisson de plusieurs heures au voisinage de 60°C : ces conditions permettent une action prolongée de la collagénase et ainsi une diminution de la résistance du tissu conjonctif. **(BASTIEN.D, BROUARD-JABET.S,2000)**

L'ensemble des résultats présentés ici souligne la diversité non négligeable des origines génétiques entre animaux pour les caractéristiques musculaires intervenant sur les qualités organoleptiques de leur viande, que cela concerne le dépôt adipeux, la couleur, la jutosité, la flaveur ou la tendreté. La difficulté réside dans l'appréciation de ces dernières, réalisées par des jurys de dégustations, qui ne peuvent s'affranchir d'une part de subjectivité liée à leurs habitudes alimentaires.

Nous retiendrons que les relations génétiques entre composition de la carcasse et caractéristiques musculaires d'une part et celles entre caractéristiques musculaires et qualités organoleptiques d'autre part indiquent qu'une sélection pour accroître le rapport muscle-gras devrait avoir un effet favorable sur la tendreté, mais défavorable sur la flaveur et la couleur. D'autre part, les caractéristiques du muscle à l'abattage dépendent également des conditions d'élevage, en particulier de la nature et du niveau des apports alimentaires. C'est ainsi qu'un niveau d'alimentation élevé doit précéder l'abattage. D'une part, il permet aux fibres musculaires de posséder des réserves énergétiques et un profil métabolique et contractile favorable à un accroissement de la vitesse de maturation de la viande. D'autre part, il accroît

la teneur en lipides intramusculaires, améliorant ainsi la flaveur de la viande. Enfin, cette viande devient d'un rouge vif et brillant recherché par le consommateur. L'effet favorable à l'élévation du niveau alimentaire sur la tendreté est d'autant plus sensible que l'animal réalise une croissance compensatrice après une période de sous-alimentation.

La nature de la ration peut aussi dans certains cas modifier la tendreté de la viande. Mais elle intervient d'avantage sur la stabilité de la couleur et sur la flaveur, notamment par l'apport d'anti-oxydants et de composés liposolubles.

Enfin, l'importance des conditions d'élevage sur les qualités de la viande peut être partiellement voire totalement masquée et, de ce fait, sous-estimée par une mauvaise maîtrise des procédés d'abattage ou de transformation, responsable alors de la grande variabilité qualitative des viandes.

En effet, les mécanismes complexes qui interviennent dans l'élaboration des déterminants biologiques et physico-chimiques de ces qualités commencent à être mieux connus.

Aujourd'hui, on sait qu'ils mettent en jeu essentiellement les caractéristiques métaboliques et physico-chimiques du muscle à l'abattage et les conditions technologiques dans lesquelles s'effectuent l'abattage et la maturation.

Toutefois, les récents progrès dans ce domaine et ceux envisageables à court terme dans l'industrie de la viande laissent penser que les effets dus aux conditions d'élevage deviendront prépondérants.

Cependant, il ne faut pas oublier que la dernière étape fondamentale à la conservation de ces qualités est sous la responsabilité du consommateur : la cuisson de la viande.

(LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R.1984)

Chapitre III

Evolution microbiologique de la viande

1- Indice de la qualité microbiologique de la viande

Pour maîtriser la qualité microbiologique d'un produit, il est impératif de connaître les indicateurs de qualité. L'incidence et le nombre des Enterobacteriaceas sur la viande sont de bons indicateurs de l'hygiène et de la qualité, notamment en ce qui concerne la contamination d'origine fécale (**ROTHENBERG C.A., 1982**).

1-1- Flore mésophile

Cette flore indique le degré de la contamination bactérienne globale des viandes. Selon PARKER 1974, cité par BENAICHOUCHE 1993, ces germes sont en relation étroite avec les bonnes pratiques de fabrication et de salubrité du produit. Le dénombrement de la flore mésophile totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique d'un aliment (**BOURGEOIS 1980**).

Selon TOMAS (1974), cité par BENAICHOUCHE (1995), un aliment dont la flore mésophile est trop nombreuse (10^6 - 10^5 germes) est considérée comme impropre à la consommation. Une concentration élevée (10^6 à 10^8 germes/g) de cette flore implique que le processus d'altération s'est engagé (**BOURGEOIS et CLERERET 1980**).

1-2- Staphylocoques

Leur recherche est toujours nécessaire, ce sont des germes pathogènes et leur présence dans la viande indique une contamination postérieure à l'abattage, due à la mauvaise mesure d'hygiène (**BECCEL, 1992**). Ce sont des germes ubiquistes que l'on trouve aussi bien sur la peau des animaux que chez l'homme (au niveau des muqueuses, du rhino-pharynx, des plaies et les abcès, etc.) (**DENNAI et al, 2001**). Les aliments incriminés dans les toxi-infections alimentaires collectifs à staphylococcus aureus, sont essentiellement des aliments manipulés par l'homme. Ce sont des germes thermosensibles, détruits à 60°C (**DE BUYSER, 1988**).

1-3- Coliformes et Coliformes fécaux

Les entérobactéries indicatrices de contaminations les plus importantes sont les coliformes et les coliformes fécaux. Etant considéré comme indice de contamination fécale, leur mise en évidence permet d'évaluer les pratiques ou non de l'hygiène. Dans ce groupe on s'intéresse surtout à la valeur d'E.coli qui monopolise la plus grande spécificité (**BOUSSATTA H. ,1992**).

1-4- Clostridium sulfito-réducteur

Considéré comme germe de test pour l'appréciation de la qualité hygiénique des denrées alimentaires d'origine animale (**BILLO, 1980**).

Ces germes sont caractérisés par leur aptitude à réduire les sulfites en présence d'un donneur d' H_2 pour former du H_2S .

Selon **POUMEYROL (1988)**, une qualité détectable de toxine se trouve dans les aliments, si le nombre de Clostridium atteint 10^6 spores par gramme et ceci peut entraîner des toxi-infections alimentaires.

1-5- Salmonelles : Leur recherche et leur identification, nous renseignent aussi sur l'état d'hygiène des denrées alimentaires. Les salmonelles sont aussi des indicateurs de contaminations fécales. Ce qui explique leur présence dans le tube digestif (**GLEDEL, 1980**). Ces enterobacteriaceae sont pathogènes pour l'homme et pour l'animal. Leur recherche est importante car la viande qui arrive au consommateur ne doit pas en contenir (**DENNAI et al, 2001**).

2- Contamination de la viande par les MCO pathogènes :

Les bactéries comme les levures et moisissures jouent un rôle significatif dans la contamination des aliments composés d'hydrates de carbone, de protéines et de graisses facilement utilisables. Ces substances constituent un environnement idéal pour la multiplication des microorganismes pouvant provoquer des maladies chez leurs hôtes et sont donc considérés comme pathogènes (**MIKOU Y. ,1994**).

Parmi les germes pathogènes véhiculés par les viandes, on a Clostridium perfringens, Bacillus cereus, Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus, Salmonella, Yersinia enterocolitica, Campylobacter jejuni, Escherichia coli entérotoxique, Escherichia coli entérohémorragique. (**LARPENT, 1992**).

Dans les conditions normales, les muscles des animaux ne contiennent pas de microorganismes en raison de l'activité bactéricide du sang et des tissus, exception faite de quelques types de Clostridium en petit nombre résistants à l'activité bactéricide (**GYLES C.L. ,1993**). C'est seulement dans le cas de maladies infectieuses qu'ils peuvent en héberger. La viande est contaminée au cours des différentes phases de la chaîne d'abattage, des opérations d'éviscération, de découpe, etc. ... (**ADESIYUN A.A. & OYINDASOLA O.O. ,1989**).

La présence des MCO peut avoir plusieurs causes :

- ❖ L'animal était abattu malade ;
- ❖ La viande a été contaminée par les bactéries intestinales lors de l'abattage ;
- ❖ L'abattage, la conservation ou la préparation réalisés sans respect des règles élémentaires d'hygiène ;

- ❖ Quand l'animal est excité ou fatigué, les bactéries pénètrent dans les tissus plus facilement vu qu'ils consomment entièrement le glycogène du muscle qui forme l'acide lactique et modifie ainsi le pH.
- ❖ Le fait que la viande est pauvre en glucides et riche en protéines, fait qu'elle est un bon milieu de culture pour les MCO protéolytiques

(ADESIYUN A.A. & OYINDASOLA 0.0. ,1989).

Il existe d'autres facteurs supposés influencer le nombre et le type de MCO contaminant la viande **(ADESIYUN A.A. & OYINDASOLA 0.0. ,1989) :**

- ❖ L'âge de l'animal,
- ❖ Le type de ration alimentaire, et prise en charge sanitaire.
- ❖ La méthode d'abattage,
- ❖ Les conditions de conservation.

La contamination de la viande lors de l'abattage et de traitement des carcasses représente un risque majeur d'infection d'origine alimentaire. Chez les humains, la plupart des agents pathogènes en cause, c'est-à-dire, les plus dominants comme E. coli Salmonella et Campylobacter sont transportés dans le cuir des bovins et dans les fèces des animaux.

(ADESIYUN A.A. & OYINDASOLA 0.0. ,1989).

Tableau 02: les germes rencontrés

Germes dominants	Germes sous dominants	Germes rares
Pseudomonas	Bacillus	Chromobacterium
Acinetobacter	Alcaligenes	Alteromonas
Micrococcaceae	Streptococcus	Pediococcus
Enterobacteries	Aeromonas	Leuconostoc
Flavobacterium	Corynebacterium	Kurthia
Microbacterium	Arthrobacter	
Lactobacillus	Clostridium	

(R.BOCCARD et al, 1981)

3- Mode de contamination

Pour la plupart des germes pathogènes transmissibles par les viandes, les animaux porteurs asymptomatiques sont beaucoup plus fréquents que les malades, d'où l'intérêt porté aux circonstances, aux mécanismes et à la détection du portage des principaux germes pathogènes.

La plus grande source de contamination des carcasses est l'animal vivant porteur de germes et les matières fécales.

Le bon état sanitaire et la propreté des animaux contribuent à la prévention des contaminations, pour les contaminants pathogènes ainsi que le choix d'animaux provenant d'effectifs indemnes (**SIERRA M.L., GARCIA M.C., et al, 1989**)

3-1- Contamination ante mortem

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

3-2- Contamination agonique et post mortem :

L'essentiel des germes est apporté au cours de l'abattage et au cours de la préparation des carcasses, par l'environnement, matières fécales, peau, instruments, manipulateurs.

(BOURGEOIS et al, 1996).

3-3- Contamination profonde

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

3-4- Contamination superficielle

Elle est toujours beaucoup plus importante, le niveau de contamination est très variable, il se situe en moyenne aux environs de 10^3 à 10^4 germes/grammes (**ROSSET et LAMELOISE, 1984**).

Les animaux malades peuvent également parvenir à l'abattage, les surfaces internes des carcasses sont généralement stériles et le transfert des agents pathogènes, c'est-à-dire la contamination fécale résulte de l'habillage (notamment l'éviscération) survenant au cours de l'abattage. (**DICKSON et ANDERSON, 1992**)

Le niveau de contamination des carcasses ne dépend pas uniquement des conditions d'hygiène pendant l'abattage et de l'état de l'animal sur pied, mais également du taux

d'humidité et de la température environnante (**DENNAÏ et al ,2001**). Il s'avère que la contamination superficielle des carcasses s'installe dès le dépouillement (**DICKSON et ANDERSON, 1992**).

4- les origines de la contamination

Deux cas sont envisageables

4-1- Origine endogène

4-1-1- Flores commensales

Elle est de l'organisme lui-même, d'origine intestinale, ce sont des bactéries anaérobies (*Clostridium*) aéro-anaérobies (entérobactérie) ou microaérophiles (Entérocoques, *Campylobacter*) qui peuvent contaminer la chair musculaire à l'occasion de l'éviscération de l'animal et / ou de sa découpe et aussi le fait du passage des bactéries intestinales dans le sang. Cette flore est relativement fréquente chez le bœuf et peut être dans certaines circonstances très présentes dans la chair (**LEYRAL, 2001**).

4-1-2- Flore du tube digestif de l'animal

Le contenu du tube digestif de l'animal peut être à l'origine d'une contamination bactérienne, cette flore qui est estimée à 10^{10} UFC /g du contenu (**LEYRAL, 2001**). La contamination des carcasses et de l'environnement par *E. coli* à partir du contenu intestinal lors de l'abattage des bovins est l'un des plus importants facteurs de risque de transmission à l'homme La présence à des densités variables, d'agents pathogènes dans le contenu gastro-intestinal semble également avoir un effet significatif sur les niveaux de contamination des carcasses bovines (**HAYDADI R. ,1997**)

4-1-3- Lors de saignée

Les bactéries peuvent pénétrer lors de la saignée à travers les veines jugulaires et carotides et passer au niveau du muscle, du poumon, des os, de la moelle.

(MIKOU Y. ,1994).

4-1-4- Flore de la peau

La peau est généralement souillée dans sa partie extérieure par les fèces, elle peut contenir jusqu'à 10^5 à 10^7 germes par cm^2 selon (**SIERRA M.L.,et al,1989**).

La contamination des carcasses est importante pendant le dépouillement et au cours des opérations d'abattage, et est généralement plus grande lorsque les animaux sont sales plutôt que ceux qui sont nettoyés au moment de l'abattage.

Le degré de contamination de la peau a une incidence sur le degré de contamination ultérieure de la carcasse, ce qui peut affecter la qualité microbiologique de la carcasse.

(QUILICHINI Y., et al, 1987)

2-4-2 Contamination exogène

Les hygiénistes de la filière savent que les contaminations s'opèrent par contact entre ce qui est contaminé et ce qui ne l'est pas encore (**CARTIER, 1993**).

Tout contact des carcasses ou des viandes avec les murs et le sol des environnements de fabrication est catastrophique par rapport au plan de la charge microbienne apportée aux produits à l'abattage, puis lors de la découpe la contamination par les MCO peuplant le cuir des animaux et ceux présents dans l'aire ou sur l'outillage sont difficilement évitables.

La flore bactérienne présente sur la surface de la carcasse se situe en moyenne entre 10^3 - 10^4 /cm² parmi les germes à isoler : Pseudomonas, Acinetobacter, Lactobacillus, Brochothrix des Entérobactéries (KLEBSIELLA, Yersinia), Micrococcus, Flavobactérium, Alcaligenes, Vibrio, Aeromonas et aussi les levures et moisissures (**LEYRAL, 2001**).

L'isolement d'E. Coli du couteau, des mains, des tabliers au niveau de l'abattoir indique également que l'environnement est contaminé au cours de la transformation et l'abattoir est un risque potentiel pour la santé publique (**GENEIX G., 1986**)

4-2-1- La flore du sol

Le sol est pourvu en MCO de façon abondante, le sol contient des bactéries, des champignons, algues microscopiques, un gram de terre prélevée à la surface d'un champ contient deux milliards de bactéries parmi les groupes de bactéries présentes: Pseudomonas, Actinomycetes, Arthrobacter, Azotobacter, Clostridium, Bacillus et Micrococcus (**LEYRAL, 2001**).

4-2-2- Flore de l'eau

L'eau est une source de contamination importante (**FOURNAUD et al, 1978**). L'eau naturelle traitée ou non, n'est jamais stérile, quand elle provient de nappes profondes, bien protégées, contient quelques bactéries psychrotrophes et oligotrophes d'origine tellurique (**LECLERC et al, 1977**).

4-2-3- Flore de l'air

L'air représente un transit pour les bactéries, mais ces dernières ne peuvent ni s'y multiplier ni s'y installer, donc la composition de l'air en microorganismes dépend de la salle et de l'activité qui s'y est exercée (**LEYRAL, 2001**).

4-2-4 Locaux

Différents auteurs s'accordent à dire que les carcasses à l'abattoir subissent toutes à des degrés divers une contamination superficielle plus ou moins importante en fonction des conditions d'hygiène des locaux. (**MORRIS G.J.Jr., 1996**).

Selon JOUVE (1990), 80 à 90% de la microflore des viandes parvenant au consommateur résulte des contaminations survenant à l'abattoir.

4-2-5- Matériel de travail

Les surfaces poreuses en particulier, outils, machines, sol, murs ; le matériel utilisé pour l'abattage peuvent entraîner en profondeur les germes de la peau (BOURGEOIS et al, 1996).

Les couteaux, les mains et les habits des travailleurs, les scies, les convoyeurs, le lavage de la carcasse sont également des sources importantes de contamination, les planchers et les murs sont aussi des sources d'inoculum (LARPENT, 1992).

Le matériel qui entre en contact avec la viande est une source potentielle de contamination, il doit être régulièrement nettoyé et désinfecté (MORRIS G.J.Jr. ,1996).

4-2-6- Manipulateurs

L'homme représente une source de contamination des carcasses non négligeable, il peut souiller les aliments par sa peau, ses cheveux, ses vêtements, etc. Lors d'éternuement ou même lorsque nous parlons, il y a émission à plusieurs mètres de minuscules particules de mucoprotéines qui transportent des MCO variés (LECLERC et al, 1977).

Bien que la plupart des bactéries trouvées sur les carcasses de bœufs habillés soient généralement issues de cuir et déposées sur la viande durant le dépouillement, c'est la manière dont ces opérations sont effectuées, plutôt que l'état de la peau qui détermine généralement l'étendue de la contamination microbiologique (GYLES C.L. ,1993).

5- Altérations des viandes

5-1- Facteurs d'altération microbienne de la viande

Par sa composition chimique, la viande représente toujours un milieu privilégié pour la contamination microbienne, il va dépendre des facteurs intrinsèques et extrinsèques que la prolifération soit rendue possible ou non. (LETOUZE J.C., et al ,1986)

5-1-1- Facteurs intrinsèques

❖ Le pH:

La viande en raison de son pH situé entre 5,5 et 5,6 constitue un milieu très favorable à la croissance des bactéries (KARIB H. ,1995), de tels aliments sont donc souvent dégradés par les bactéries, ces dernières sont souvent inhibées à des pH acides (environ 4,0) (ROSET, 1982)

❖ Le potentiel d'oxydo-réduction

En fonction du pouvoir d'oxydo-réduction de la viande, quatre types de MCO sont définis : aérobies qui ne se multiplient qu'en présence d'oxygène ou dans des milieux ayant un

fort pouvoir oxydatif, des anaérobies qui ne se développent qu'en absence totale d'oxygène ou exigent des milieux réducteurs; entre ces deux extrêmes, se trouvent des microorganismes capables de bien se développer en présence d'oxygène des anaérobies facultatifs (DETERVILLE, 1980).

5-1-2- Facteurs extrinsèques

❖ L'humidité ambiante:

Une atmosphère trop humide favorise le développement intense d'une microflore de surface (GYANG, 1984) (voir tableau)

❖ La température :

Le maintien continu de la viande dès l'abattage à des températures voisines le plus possible de 0°C limite la multiplication des germes d'altérations (MEYER, 1984).

Tableau3 : Valeur minimum d'activité d'eau pour quelques MCO

Souche	Minimum, Aw
Pseudomonas	0.97
Achromobacter	0.96
Escherichia coli	0.96
Bacillus subtilis	0.95
Enterobacter aerogenes	0.95
Clostridium botulinum	0.95
Staphylococcus aureus	0.95
Levures	0.88-0.96

(GYANG ,1984).

5-2- Les différents types d'altérations de la viande

5-2-1- Altération superficielle

Elle se traduit par l'apparition d'une couche visqueuse, accompagnée d'une odeur nauséabonde, les agents de cette putréfaction appartiennent aux genres pseudomonas et achromobacter, sont psychrotrophes et la contamination peut se développer même au froid et de mauvaises conditions d'abattage peuvent aussi être la cause.

Il y a également des altérations superficielles causées par d'autres bactéries telles que: Micrococcus, Lactobacillus, des levures ou des moisissures.

5-2-2- La putréfaction profonde :La putréfaction profonde s'installe dans les masses musculaires internes de carcasses, les viandes présentant ce type d'altération sont gonflés de

gaz, de couleur anormale ((grise ou verdâtres) et dégageant une odeur très désagréable due au développement de bactéries protéolytiques strictement anaérobies telles que les clostridium,

(BOURGEOIS, 1980).

Tous ces germes se multiplient d'autant plus que rapidement que la température est plus élevée et que le refroidissement est plus lent, favorisé aussi par l'humidité du milieu,

(Collobert .F et al, 1995).

6- Risques sanitaires :

Pour la plupart des altérations, les MCO contaminant l'aliment ainsi que leurs produits métaboliques ne constituent pas un réel danger pour la santé du consommateur. Cependant certaines espèces bactériennes comme : les Salmonelles, Shigella, Yersinia, Campylobacter, sont entéropathogènes pour l'homme ; en se développant sur l'aliment, elles peuvent être à l'origine d'intoxication. D'autres espèces tels que : Clostridium botulinum, Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, produisent une toxine très active.

La plupart des maladies bactériennes se traduit par des symptômes gastro-intestinaux survenant plus ou moins rapidement après la consommation d'un repas. Pour cette raison, elles sont désignées sous des termes génériques tels que :

- ❖ Intoxication alimentaire
- ❖ Toxi-infection alimentaire
- ❖ Intoxication du type Histaminique
- ❖ Empoisonnement alimentaire

6-1- Intoxication alimentaire

Dues à des toxines préformées dans les aliments lors de la croissance bactérienne (GYANG, 1984). Citons deux exemples:

- ❖ Intoxication staphylococciques due aux toxines de Staphylocoques aureus pathogènes genre aérobie facultatif non sporulé.
- ❖ Le botulisme due aux toxines de Clostridium botulinum genre anaérobie strict sporulé (GYANG 1984).

6-2- Toxi-infection alimentaire

Ce sont des intoxications causées par les agents pathogènes présents le plus souvent en grand nombre dans les aliments. C'est le cas des gastro-entérites aiguës à Salmonelle et Shigella (JOUVE J.L. ,1990).

6-3- Intoxication du type histaminique

Ce sont des intoxications provoquées par l'ingestion d'aliments contenant des amines de décarboxylation (histamine à partir de l'histidine, tyramine à partir de la tyrosine) produites par l'action putréfiante des microorganismes (ROSSET, 1984).

6-4- Empoisonnement alimentaire

Le terme « empoisonnement alimentaire » s'applique aux gastro-entérites aiguës provoquées par l'ingestion d'aliments contaminés par certains pathogènes et / ou par des toxines, et convient aussi aux cas de botulisme dus à la nourriture (PALUMBO S.A. ,1986).

Tableau 04: Quelques types de germes et leurs risques sanitaires

Germes	Durée d'incubation	Symptomes
Germe totaux	-	-
Clostridium	9 à 15 heures	Diarrhée non febrile
Staphylocoques	2 à 4 heures	Diarrhée liquide
E. Coli	-	Diarrhée hémorragique
Salmonelles	12 à 36 heures	Diarrhée fébrile, vomissement
Yersinia Entérolitica	3 à 7 jours	Diarrhée fébrile, Arthrite
Shigella	1 à 3 jours	Diarrhée sanglante

7- Méthodes de décontamination des viandes

Bien qu'interdites par la réglementation française, diverses méthodes, par leur action bactéricide, pourraient contribuer à décontaminer la viande. Elles mettent en œuvre des rayonnements (irradiation), des gaz (ozone) ou des liquides.

- ❖ L'irradiation par les rayons ionisants ou les UV provoque des ruptures des molécules, entraînant ainsi des perturbations du métabolisme microbien et la mort de certains germes. Son action bactéricide est fonction du microorganisme et de l'intensité de la dose appliquée.
- ❖ L'ozone, grâce à son pouvoir oxydant de certains composés organiques, a une action

bactériostatique et même bactéricide. Mais aux doses normalement utilisées, non toxiques pour l'homme (inférieures à 0,1 ppm), l'assainissement n'est pas efficace.

- ❖ La vaporisation ou l'immersion dans des liquides (eau chaude, produits chlorés, acides organiques, vapeurs distillant) ont fait l'objet d'études expérimentales, en voie d'application à l'étranger. Retenons notamment, en raison de leur efficacité, l'intérêt du recours à l'eau chaude (température supérieure à 70 °C) et à l'hypochlorite de sodium à faible concentration (200-250 mg/l). Les réductions des numérations microbiennes sont souvent supérieures à 99 % de la flore initiale. L'emploi de composés chimiques pose cependant un problème de toxicité et rejoint d'une façon générale celui de la contamination chimique des aliments (**R. BOCCARD et al, 1981**).

Chapitre IV

Conservation de la viande par le froid

La viande se modifie et s'altère par l'interaction de phénomènes physiques, chimique et surtout microbiens (**CRAPLET, 1966**).

Cependant, l'abaissement de la température de la viande est nécessaire d'une part pour éviter l'altération et notamment la putréfaction qui se développe très rapidement à température ambiante sur des carcasses fraîchement abattues, et d'autre part pour assurer la sûreté vis-à-vis des germes pathogènes responsables d'intoxication alimentaires (**BOURGEOIS, 1984**). La conservation a donc un double intérêt :

- ❖ Limiter la contamination par les populations microbiennes inévitables pendant la préparation
- ❖ Inhiber la croissance de la population microbienne par un traitement précoce de stabilisation notamment par le froid (**CRAPLET, 1966**).

1- Règles d'application du froid

Trois règles à respecter dans l'application de froid ont été précisées dès 1934 par Alexandre MONVOISIN et sont connues aujourd'hui sous le vocable de « Trépied frigorifique de MONVOISIN », ce sont les suivants :

« Le froid doit être appliqué à un aliment sain, de façon précoce et continu jusqu'à l'utilisation finale ». (**BENAICHOUCHE, 1992**).

2- Méthode de stabilisation de la flore microbienne

Le froid permet de conserver pendant un temps plus ou moins long un produit pouvant être consommé avec sécurité tout en lui gardant son aspect, sa couleur, ses qualités gustatives et nutritives, suivant la température d'entreposage et la durée de stockage envisagée, il est ordinairement possible de distinguer trois moyens de conservation par le froid (**GYNG, 1984**), à savoir :

- ❖ La réfrigération
- ❖ La congélation
- ❖ La surgélation

2-1- La réfrigération

La précocité de la réfrigération constitue la deuxième règle du Trépied frigorifique de MONVOISIN. La réfrigération consiste à une conservation à des températures souvent voisines de 0°C, ayant conservé la consistance de la viande fraîche (**ROSSET, 1980**).

En pratique, la température profonde de la viande est comprise entre 0°C et une température limitée très variable :

- ❖ L'idéal est d'obtenir +2°C

- ❖ La tolérance étroite est +4°C
- ❖ La tolérance large est +8°C, mais elle permet le développement des germes psychrophiles (**CRAPLET, 1966**).

La réfrigération comprend deux opérations :

- 1° le refroidissement qui abaisse la température du produit au niveau ou au voisinage du niveau désiré, qui peut se faire suivant la technique ancienne de la réfrigération lente ou suivant la technique moderne de réfrigération rapide.
- 2° la conservation qui maintient le produit à la température à laquelle il a été refroidi.

2-1-1- Réfrigération lente

La réfrigération lente procédure traditionnelle de refroidissement à l'air ambiante à température voisine de 15°C. Le refroidissement nécessite pour les grosses carcasses de bovins 24 heures pour atteindre +6°C, 48 heures pour atteindre +2°C et 72 heures pour atteindre 0°C (**CHAUDIEU, 1982**).

2-1-2- Réfrigération rapide

La réfrigération rapide dans une chambre moderne de réfrigération avec circulation forcée d'air à des températures voisines de 5°C. C'est la technique la plus utilisée actuellement. Le refroidissement doit être immédiat car sitôt après la mort de l'animal, la température de la viande est comprise entre 38 et 40°C, ce qui éminemment est favorable à la pollution par les microbes qui peuvent provenir de nombreuses origines (**DETERVILLE, 1980**).

2-1-3- Réfrigération ultrarapide

On utilise un dispositif de refroidissement par radiation et convection naturelle en faisant passer les carcasses entre des refroidissements à plaques ce qui fait passer la température à cœur de 41°C à +3°C en 18 heures (**SCHMITT, 1973**).

2-1-4- Réfrigération complexe

Dans la réfrigération lente, pour diminuer les pertes par évaporation, on peut augmenter le degré d'humidité de l'air froid en empêchant le développement des microbes psychrophiles par un des moyens suivants :

- 1° L'ozone est un bon antiseptique malheureusement, c'est un oxydant favorisant le brunissement des viandes et provoquant également des altérations de saveur et d'odeur.
- 2° Le gaz carbonique est un antiseptique à pH qui retarde naturellement le développement de certains microbes (**CRAPLET, 1966**).

2-2- La conservation des viandes réfrigérées : Dans une atmosphère de 0°C à 2°C avec un degré d'humidité de 0.90, la conservation peut se faire pendant quatre à cinq semaines mais la température n'empêche pas le développement des moisissures et des microbes.

Les durées les plus longues sont obtenues avec des viandes correctement traitées, refroidies rapidement et pour lesquelles toutes les prescriptions d'hygiène et de propreté ont été observées et sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 05 : Durée de conservation de viande en fonction de la température

Produits	Température	Durée de conservation escomptée
Bœufs	-15 à 0	4 à 5 semaines
Veau	-1 à 0	1 à 3 semaines

(COLLIN 1972).

Il est toutefois prudent de réduire ces durées à l'ordre de 25%, tout au moins quand les températures indiquées ne peuvent être respectées. (COLLOBERT .F., et al,1995).

2- 2-1- Incidences microbiologiques du stockage de la viande réfrigérée Pratiquement, seuls les germes superficielles peuvent évoluer, les germes profonds anaérobies sont bloqués même si la température subit de faibles variations (BOURGEOIS, 1980).

2-2-1-1- Germes d'altérations

Les modifications qui interviennent lorsque la viande est gardée à basse température, dépendent de son état avant le stockage (GYANG, 1984). Les MCO sont de deux formes différentes : les bactéries et les moisissures, en commençant par la formation de gouttelettes brunâtres qui se réunissent pour former un brunissement uniforme gluant, en même temps qu'apparaît une odeur caractéristique d'infection, ce gluant est composé de MCO du groupe achromobacter, ils ne sont toutefois pas pathogènes (COLLOBERT .F. et al, 1995).

2-2-1-2- Germes pathogènes

Les températures d'inhibition des germes pathogènes contaminants de la viande sont les suivantes :

Tableau 06 : Action de la température sur la multiplication et la toxinogène des microorganismes.

Germes pathogènes	Température nécessaire en croissance en °C
Cl. Botulium A et B (toxinogène)	10
Staphylocoques (multiplication)	6.7
Cl. Perfringens (multiplication)	6.5
Salmonelles (multiplication)	5.2
Cl. Botulium E (toxinogène)	3.3

BOURGEOIS, 1980

Pour l'ensemble des germes pathogènes, tout danger est donc écarté par le maintien à une température inférieure à 3°C. Retenons ainsi que la conservation prolongée de la viande nécessite le recours à des températures très voisines de 0°C, pour assurer la sécurité vis-à-vis des polluants pathogènes (**DETERVILLE, 1980**).

2-3- Congélation

Elle consiste à abaisser la température des denrées de façon progressive jusqu'à -18°C à -20°C. La congélation est basée sur la transformation de l'eau de constitution en glace.

(ANONYME, 1977).

2-3-1- La congélation de la viande et ses effets sur les microorganismes

Lorsque la durée de conservation doit dépasser un mois, il est indispensable de recourir à la congélation (**COLLOBERT .F., et al,1995**), la viande fraîchement abattue à une température interne de 40°C environ. Après refroidissement à 4°C, on abaisse rapidement la température à - 20°C pour permettre un entreposage prolongé.

A cette température, l'activité microbiologique et les transformations chimiques de la viande sont pratiquement suspendues. La congélation agit de plusieurs manières sur la flore microbienne :

- ❖ L'abaissement de la température réduit la vitesse de multiplication des germes comme celle de la réfrigération
- ❖ Puis la transformation de l'eau en glace diminuant la quantité d'eau disponible pour les microorganismes, la congélation inhibe totalement leur multiplication (**O.M.S. 1976**).
- ❖ De plus, le changement d'état eau-glace provoque des altérations de la structure ou du métabolisme des germes susceptibles de provoquer la mort de certains individus.

En effet, la cristallisation de l'eau modifie la structure microbienne tant par ses effets mécaniques que physico-chimiques (**DETERVILLE, 1980**).

2-4- Surgélation

Elle constitue une forme particulière de congélation. Les produits surgelés sont le poisson, la viande bovine, ovin et poulet, permettant la température à cœur du produit d'atteindre -18°C . Après une longue période de stockage à l'état congelé voire surgelé, la population microbienne ne subit plus de destruction (**BOURGEOIS, 1980**).

Chapitre V
Traçabilité et le Principe
HACCP

I- Traçabilité

1- Définition de la traçabilité

La traçabilité est la capacité de retracer, à travers toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution, le cheminement d'une denrée alimentaire. Un système de traçabilité est une série de facteurs étroitement liés entre eux associés à des traces écrites vérifiables et dont la qualité est contrôlée par un ensemble d'inspection ou de vérification. Tout élément se déplaçant d'une partie du système (ou de la chaîne) à une autre doit être identifié avec un code ou un numéro d'identification, et tout mouvement vers ou hors d'une partie donnée de la chaîne est enregistré à l'aide du numéro d'identification de l'élément.

2- Origine et concept de la traçabilité

La nécessité de suivre un animal et ses produits au cours de son évolution dans la chaîne alimentaire est née, au départ, de l'apparition de risques de santé humaine dus aux animaux, l'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB), l'empoisonnement des aliments par les E.coli, les résidus issus de substances administrées aux animaux à la ferme, etc. Cependant, la pression pour la traçabilité a rapidement augmenté car le consommateur voulait en savoir plus sur les animaux dont provient son aliment.

Il existe deux types de traçabilité : la traçabilité descendante ou en aval qui est celle qui est celle qui doit trouver la destinée industrielle ou commerciale d'un lot de produits jusqu'à son stockage au point de vente; la traçabilité ascendante ou en amont permet de faire le relevé de toutes les étapes, retraçant l'historique à partir du lot d'un produit fini jusqu'à son origine,(**SCHAEFFER et CAUGANT .1998**),(**cités dans Rocha et LOPES 2003**).

En gestion de la qualité, la traçabilité est fonctionnelle en tant que complément; appliquée séparément, elle ne garantit pas la sécurité ni au produit, ni au processus. Elle doit être incorporée à d'autres outils de contrôle de qualité, tel que le HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). Le HACCP est un processus scientifique qui met en évidence et prévient les risques de contamination dans l'industrie alimentaire par le contrôle et les mesures correctives. Ce système fait partie intégrante de la norme " Code international de pratiques recommandées pour des principes généraux d'hygiène alimentaire", du Codex Alimentarius, pour garantir l'innocuité alimentaire (**cité dans FERMAM, 2003**).

D'après **JURAN et GRINA (1992)**, cités dans (**COLLOBERT .F., et al,1995**),la traçabilité aurait diverses finalités telles que:

- ❖ Assurer que seuls des matières et composants de qualité entrent dans le produit final,
- ❖ Identifier clairement et explicitement les produits qui sont différents mais se ressemblent au point d'être confondus,

- ❖ Permettre le retour d'un produit suspect à une base précise,
- ❖ Localiser les défauts et prendre les mesures correctives à un moindre coût

3- Réglementation

L'union européenne établit que les animaux doivent être identifiés individuellement par des marques auriculaires sur les deux oreilles, introduit l'utilisation du passeport pour le déplacement, détermine l'implantation d'une base de données informatisée nationale et met en place le système d'étiquetage de la viande avec des informations sur la viande bovine et le lieu d'abattage.

3-1- Passeport bovin ou document d'identification

Ce concept a surgit en France, où chaque animal possède un document d'identification où sont notées ses caractéristiques et d'autres informations importantes pour le suivi sanitaire.

Le document d'identification est un composant essentiel du système d'identification et du registre de mouvements des bovins sans le quel l'animal ne peut pas circuler.

Dans ce passeport il faudra mentionner :

- ❖ Numéro d'identification du SISBOV
- ❖ Numéro d'identification de l'organisme de certification
- ❖ Pays d'origine
- ❖ Race
- ❖ Sexe
- ❖ Propriété de naissance
- ❖ Date d'identification
- ❖ Propriété d'identification
- ❖ Date de naissance
- ❖ Identification de l'organisme de certification et logotype du MAPA (instruction normative n°47, 31 Juillet 2002, annexe 2).

Ce passeport devra accompagner l'animal toute sa vie et lors de chaque mouvement. Pour pouvoir circuler, être abattus et commercialisés, les animaux devront être munis, en plus du passeport, du guide de transit KOBAA K,1996).

3-2- Processus de certification

Pour sortir de la propriété, les animaux devront être inscrits sur le document d'identification émis par l'organisme de certification. L'abattage devra se faire, de préférence dans un abattoir homologué par le système. Tous les faits survenus de l'abattage à l'emballage final du produit devront être enregistrés par le service d'inspection. L'emballage pourra comporter le numéro de l'animal ou le lot de chaque établissement.

3-3- Identification électronique et étiquetage bovin

L'identification électronique représente le premier pas pour un système de certification basé sur la traçabilité d'informations et constitue la première exigence pour le contrôle de la production du bétail ,Elle permet l'accompagnement des informations concernant l'animal depuis sa naissance jusqu'à l'abattage, le suivi de son historique et l'épidémio-surveillance **(ERADUS et ROSSING, 1994),in (MIKOU Y. ,1994).**

L'identification d'un produit d'origine animale doit informer :

- ❖ Pays d'origine du produit-naissance élevage et abattage
- ❖ Etablissement d'abattage-SIF
- ❖ Marque du produit
- ❖ Nom et code du produit
- ❖ Date de production et/ou d'échéance
- ❖ Délai de validité

L'identification peut inclure d'autres renseignements, comme par exemple: code du lot, l'heure d'emballage ou de production- système de code barres, sigles de qualité, identification des producteurs et/ou leur adresse **(MIKOU Y. ,1994).**

3-4- Autres techniques analytiques de traçabilité bovine :

L'une des techniques en développement est la traçabilité par ADN, à l'essai en Australie et aux Etats-Unis d'Amérique. Des échantillons (des poils par exemple), prélevés à la naissance de l'animal, sont analysés et les caractéristiques incluses dans l'identification de l'animal (code du chip). Un examen de l'ADN permet ensuite d'identifier l'animal à n'importe quel moment de sa vie. L'échantillon peut être prélevé à partir des carcasses et associé au numéro de l'animal **(KARIB H. ,1995).** Cette technique est peu utilisée en raison de son coût élevé et de la disponibilité de méthodes plus simples.

4- Difficultés du système de traçabilité dans le SAG de la viande :

la recherche d'une production de viande de qualité doit se baser sur l'intégration effective de tous les maillons de la filière et des différents secteurs qui peuvent contribuer à son succès. Mais les relations entre les maillons du SAG de la viande ne sont pas satisfaisantes **(BAZRI L. ,1992).**

Comme on peut le constater, l'implantation d'un programme de traçabilité n'est pas simple. D'un côté, un cout d'implantation et une nécessité de changements dans les concepts de production, de l'autre, les éleveurs offrant de la résistance et discréditant son implantation, désobéissant aux normes des gouvernements et aux orientations des techniciens. De plus, l'absence de standardisation des indices zootechniques dans les exploitations d'élevage fait

que les organismes de certification adoptent des standards trop élevés pour la majorité des éleveurs.

II- HACCP

Correspond à Hazard Analysis Critical Control Points (analyse du risque et contrôle des points critiques) est acceptée internationalement comme le système de choix pour la gestion de la sécurité alimentaire.

Depuis plusieurs années déjà, se sont imposées des idées visant à promouvoir une gestion indispensable de la qualité, en complément la mise en œuvre des moyens techniques nécessaires

(MIKOU Y. ,1994)

1- Définitions :

Méthode d'identification, de localisation, d'évaluation et de maîtrise des risques potentiels de détérioration de la qualité microbiologique des denrées dans la chaîne alimentaire. Analyse des risques et maîtrise des points critiques.

Méthode qui définit, évalue et maîtrise les dangers qui menacent la salubrité et la sécurité des aliments.

2- L'étude HACCP repose sur sept principes

2-1- Analyse des risques :

Identification des dangers à tous les stades de la vie du produit, depuis la culture ou l'élevage en passant par sa transformation éventuelle jusqu'à l'utilisation plausible du produit par le consommateur (LARPENT, 1997).

2-2- Détermination des CCP

C'est l'identification des points critiques pour leur maîtrise, le but du CCP ou critical control point pour ces points particulièrement déterminants, est de compléter les mesures préventives et les mesures de surveillances particulières (LARPENT, 1997).

2-3- Fixation de seuils critiques pour chaque CCP

Ce sont les critères qui indiquent si une opération est maîtrisée pour un CCP particulier, le plus souvent ces critères sont accompagnés de valeurs de tolérances.

Pour les dangers microbiologiques, les critères de maîtrise les plus fréquemment utilisés comprennent la température, le temps, l'humidité, la viscosité, le pH, la fréquence de nettoyage et de désinfection, la concentration en produit désinfectant, etc. (LARPENT,1997).

2-4- Mise en place d'une surveillance de chaque CCP

Vérification que le système est efficient : c'est le respect pratique des consignes établies, cette vérification peut se faire par un audit d'application du système HACCP, par l'examen des déviations.

Ces CCP doivent être contrôlés régulièrement afin de détecter toute perte de maîtrise et d'agir en conséquence :

- ❖ Sur le procédé, afin de l'ajuster pour revenir dans les critères fixés,
- ❖ Sur le produit lui-même afin d'écartier tout danger alimentaire.

Les enregistrements relatifs à la surveillance des CCP doivent être signés au minimum par la personne ayant effectué le contrôle.

2-5- Mise en place de mesures correctives

La mise en place des actions correctives appropriées et immédiates lorsque les résultats de la surveillance indiquent qu'une opération n'est pas maîtrisée pour un CCP et donc que les critères ne sont pas respectés. (LARPENT, 1997)

2-6- Mise en place de procédures de vérification

Etablir un moyen pour vérifier l'application et l'efficacité du plan HACCP: par le biais d'audit, par le relevé des écarts relatifs aux CCP, par des analyses aléatoires sur les produits.

2-7- Formalisation des dossiers

L'ensemble des travaux HACCP doit rentrer dans un système documentaire performant permettant une gestion facile, souple et compréhensible par tous (LARPENT, 1997). Ces dossiers sont indispensables pour garantir la bonne application du plan HACCP, il s'agit des procédures relatives aux CCP, des enregistrements de surveillance des CCP, des actions correctives mises en place, de la conclusion de la vérification du système, etc. (LARPENT, 1997).

3- Systèmes HACCP ou Analyse du risque

Le HACCP apparaît comme une méthode visant à promouvoir le développement de l'assurance qualité dans les industries de l'alimentation et plus spécifiquement pour y traiter des aspects relatifs à la sécurité des produits (MIKOU Y. ,1994).

Son efficacité est aujourd'hui largement établie et la méthode bénéficie d'une véritable reconnaissance internationale : son utilisation par les opérateurs doit être encouragée, en tant que telle ou sous le couvert de l'application des normes de la série ISO9000 (MIKOU Y. ,1994).

Le HACCP doit comporter l'énumération des organismes indicateurs plutôt que de la détection des agents pathogènes. L'efficacité des processus de contrôle doit être appréciée au regard des critères des performances et des objectifs de sécurité **(BROWN et al, 2000)**.

Partout dans le monde, les gouvernements ont été attirés par l'idée de fixer des cibles, avec l'ambition de réduire les cas d'intoxication alimentaire de l'homme, disons de 30% dans un délai donné **(OBLINGER J.L. & KOBURGER I.A. ,1984)**.

Le HACCP est maintenant largement utilisé comme approche logique à la sécurité sanitaire des aliments transformés ; en décrivant et en analysant chaque traitement, en décidant quels sont les dangers, en identifiant les points critiques de contrôle et est en train de prendre le contrôle de la transformation d'une manière qui peut rassurer les transformateurs, les organismes de contrôle et les consommateurs **(OBLINGER J.L. & KOBURGER I.A. ,1984)**. Il faut commencer par obtenir une information complète sur les niveaux de contamination des carcasses avant de fixer des objectifs de sécurité alimentaire pour un système de production donné de viande bovine et de concevoir des programmes dits de « l'analyse des risques, points critiques pour leur maîtrise » **(Hazard analysis and critical control point : HACCP) (OBLINGER J.L. & KOBURGER I.A. ,1984)**.

Résumé:

Evaluer les qualités organoleptiques d'un aliment a toujours constitué une épreuve complexe car nécessitant de s'affranchir au maximum de jugements subjectifs. La dégustation d'une viande bovine en est une parfaite illustration.

En effet, non seulement la viande est issue de l'évolution complexe physico-chimique d'un muscle mais en plus la consommation de ce met est variable suivant les modes de préparation et les habitudes alimentaires.

De plus, les qualités organoleptiques des viandes bovines dépendent de l'abondance au sein d'un muscle des différents types de fibres et d'adipocytes intramusculaires et de l'orientation de leurs activités métaboliques. Les proportions de ces divers composants sont modifiées par de nombreux facteurs, liés à l'animal (génotype, âge, sexe) et à son alimentation (niveau alimentaire et composition de la ration). De plus, ces facteurs interagissent fortement entre eux.

La conduite des animaux doit être, en conséquence, adaptée à leur race pour élaborer des muscles aux caractéristiques favorables à l'obtention d'une viande de bonne qualité sensorielle sans en altérer les qualités nutritionnelles.

Cependant, il ne faut pas oublier la dernière étape fondamentale à la conservation de ces qualités et sous la responsabilité du consommateur : la cuisson de la viande.

Les techniques actuelles de notation de ces qualités sont de plus en plus utilisées pour évaluer l'impact de ces modalités zootechniques, notamment l'influence de la génétique, de l'alimentation et du mode d'élevage. Cependant, ces techniques, de plus en plus pointues, méritent encore d'être développées car de nombreuses disparités existent entre les différentes études. Il est nécessaire de préciser que le point majeur de ces disparités consiste en la très grande variabilité des conditions d'expérimentation et des références sensorielles pour le jugement des ces qualités. En effet, les modes de consommation de la viande bovine demeurent très influencés culturellement.

conclusion

Cette étude a mis en évidence la présence de FMAT sur tous les échantillons. Cette charge s'explique par le fait que la réalisation de la saignée et toutes les opérations, se font à même le sol.

Les contaminations, par les Staphylocoques est due au manque d'hygiène chez les manipulateurs, par les coliformes fécaux due à une mauvaise manipulation lors de l'éviscération, par les Clostridium à cause de la conservation de la carcasse à une température élevée après l'abattage.

Les résultats obtenus ont révélés que ces viandes sont de qualité plus ou moins satisfaisante vu que les germes trouvés ne dépassent pas un certain seuil ce qui explique que le produit répond aux normes, ainsi que l'absence des salmonelles est un indice rassurant.

Une viande contaminée constitue un risque potentiel pour la santé du consommateur. Cependant, le contrôle microbiologique de la viande implique surtout l'hygiène qui permet de réduire la contamination par les germes susceptibles d'altérer cette denrée (qui par leurs actions peuvent lui conférer mauvais goût, mauvaise odeur et peuvent nuire à la santé du consommateur) et la faire conserver selon les règles (réfrigération, par exemple).

Actuellement, le programme de maîtrise de la salubrité des viandes et des autres denrées alimentaires d'origine animale, appliqué par les pays occidentaux, se basent sur la traçabilité du produit ainsi que l'application du concept HACCP qui consiste en la réduction du risque encouru pendant toutes les étapes de préparation, au point zéro. C'est donc la maîtrise des points critiques qui peuvent être à l'origine de la contamination du produit fini.

Au terme de notre étude, nous avons pu mettre en évidence qu'il existe un manque d'hygiène que ce soit au niveau de l'aire de stabulation, ou celle réservée pour les autres opérations qui suivent l'abattage surtout qu'il s'agit d'une partie de l'abattoir qui doit être maintenue propre; sans oublier le personnel exerçant à ce niveau à leur tête les sacrificateurs.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

- ADESIYUN A. A. & OYINDASOLA O. O. (1989) Prevalence and antibiograms of *Salmonella* in slaughter cattle, slaughter amas and effluents in Zaria abattoir. *J. Food Prot.* 52:232-235.
- ANONYME (1977) : la congélation des produits de la pêches, FAO, Rome bill N°167, p91.
- B.L.DUMONT(1981) : Hygiène et technologie de la viande fraiche, Ed : CNRS, p77.BAZRI L. (1992) Contribution à l'appréciation de l'hygiène des abattoirs par analyse bactériologique des carcasses bovines. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- BECEL, ph (1992) : comportement du produit de la mer a la congélation « aspect physique et bactériologiques ».Ed : coq héron 75001 paris, p18-20.
- BENAICHOUCHE. Y (1993) : durée de conservation du poulet de chaire et traite au DF 100 thèse d'ingénieur Tiaret, p118.
- BILLO. J (1980) : le genre clostridium in TAIAA « contrôle microbiologique » Tech et doc. Apria vol 3, paris, p200-210.
- BILLON J. (1980) : problème de la qualité dans la distribution de la viande et des produits carnés, Ed : Apria, p39.
- BOURDJIEM.M(1995):action du froid sur la prolifération des microflores dans les produits carnés"viande rouge"thèse d'agronomie tiaret, p45.
- BOURGEOIS.C.M.,ET CLERET j-j,(1980) :principe de base des contrôle microbiologiques industriels in TAIAA :contrôle microbiologique. Ed : tec et doc,vol.3,paris,p3-11.
- BOURGEOIS.C.M.,LARPENT J-P.(1996) :microbiologie alimentaire. tome 2,Ed : tec et doc,lavoisier,France,523.
- BOURGEOIS.C.M.,LEROUX P.(1982) :proteine animales,Ed :tec et doc,lavoisier,paris,p365.
- BOURGEOIS.C.M.,MESCLE J-f.et zucca j.(1996) :microbiologie alimentaire,tome 1 Ed :tec et doc,lavoisier,France,p308.

- BOUSSATTA H. (1992) Contribution à la recherche de *Yersinia* sp. dans la viande et quelques produits carnés. Thèse de Doctorat Vétérinaire. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

- BOCCARD.R, VALIN.C, Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires, 1984, 93-96.

- BOCCARD.R, VALIN.C,
 Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires, 1984, 107-115.

- BRANDSETTER.A, PICARD.B, JAILLER.Rd, JAILLER. Rt, GEAY.Y,
 Influence du niveau alimentaire et de la castration sur la croissance musculaire et les caractéristiques contractiles et métaboliques des fibres musculaires de jeunes bovins.
 Renc. Rech. Ruminants, 1995, 2, 252.

- BRENTERCH.Y, CAZEAU.O, CREC'HRIOU.R, Rapport sur la tendreté de la viande, 1997. http://membres.lycos.fr/cazeau/memviande_index..htm

- BROUARD.S, RENAND.G, TURIN.F,
 Relations entre caractéristiques musculaires et tendreté du muscle *Longissimus lumborum* de jeunes bovins de race rustiques. Renc. Rech. Ruminants, 2001, 8, 49-52.

- BULTOT.D, DUFRASNE.I, CLINQUART.A, HOCQUETTE.J.F, ISTASSA.L,
 Performances zootechniques et qualité de la viande de taurillons Blanc Bleu Belge, Limousins etAberdeen Angus engraisés avec deux types de rations.
 Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 271.

- CARTIER P. (1993) Importance, origine et mode d'appréciation de la contamination salmonell igue des carcasses de gros *bovins*. *Viandes Prod. Carnés* 14:3538.
 CABARAUX.J.F, HORNICK.J.L, DUFRASNE.I, CLINQUART.A, ISTASSE.L,
 Engraissement de la femelle de réforme Blanc Bleu Belge cularde : performances zootechniques,caractéristiques de la carcasse et qualité de la viande.

Ann. Med. Vét., 2003, 147, 423-431.

➤ CASSAR-MALEK.I, LISTRAT.A, PICARD.B, Contrôle hormonal des caractéristiques des fibres musculaires après la naissance. <http://www.inra.fr/productions-animales>

➤ CAZAUBON.C, Démarche qualité dans la filière viande bovine.

Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse, n°6608, 2003.

➤ CHEFTEL.J. et CHEFTEL.H(1976): introduction à la biochimie et la technologie des aliments.ed:tec et doc,paris,vol 1 p93-97.

➤ COLLOBERT .F., DOREY F., M ari an V., Calais L. & IVI arrec L. (1995) Qualité bactériologique de masséters de *bovins*. *Microbiol. Alim. Nutr.* 13:389-394
DAMERGIC, GEAY.Y, PICARD.B, LEPETIT.J, JAILLER.Rd, JAILLER.Rt, CANISTRO.J, Influence de la castration précoce et de la restriction alimentaire sur les caractéristiques du collagène intramusculaire et sur la texture de la viande de bovin mâle en croissance. *Renc. Rech. Ruminants*, 1995, 2, 253.

➤ DELAGNES, La dégustation des aliments : bases physiologiques et méthodologiques de l'analyse personnelle.

➤ D.JANDEAU(1981) : Hygiène et technologie de la viande fraîche, Ed : CNRS, p59.

➤ DEBUYSER. M. I (1988) : les staphylocoques aureus in microbiologie alimentaire, aspect microbiologie de la sécurité et de la qualité alimentaires, Ed : tec et doc, Lavoisier, vol 1, paris, p65, 75.

➤ DENNAI N, KHARRATI B, EL YACHIOUI M (2001) : Appréciation de la qualité microbiologique des carcasses de bovins fraîchement abattus, Ed : méd.vet, p272.

➤ DETERVILLE (1980) : Technologie des viandes. Ed :André Casteilla, Paris, p65-67.

➤ DICKSONS J.S. & ANDERSON M.E. (1992) Microbiological clecontamination of food animal carcasses by washing and sanitizing systems:A review. *J. Food Prot* 55:133-140
DENOYELLE.C, BROUARD.S, LEGRAND.I, QUILICHINI.Y,

La mesure de la couleur de la viande et du tissu adipeux : application dans les filières bovine et ovine. *Renc. Rech. Ruminants*, 2001, 8, 43-48.

➤ DENOYELLE.C, CHATELIN.Y.M, BROUARD.S,

Aspects méthodologiques liés à la caractérisation des qualités organoleptiques des viandes bovines : la gestion des critères qualitatifs dans les cahiers des charges des démarches qualités.

Renc. Rech. Ruminants, 2000, 7, 240-254.

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

➤ FRAYSSE J-L,DARRE a (1990) :produire des viandes.volume 1,Ed :tec et doc,lavoisier,France,p374.

➤ GENEIX G. (1986) Qualité bactériologique des abats rouges en entreprise: incidence de quelques facteurs de variations. *Étude Interbeu I Itéb*: 1-102

➤ GLEDEL.J.(1980):salmonelles in TAIAA "contrôle en microbiologie"ed:tec et doc.vol 3 paris,p188,199.

➤ GYLES C.L. (1993)*Yersinia*. pp. 226-235. /// Pathogenesis of bacterial infections in animaux. C.L Gyles & Thoen C.O. (Eds.). Iowa State University Press, Iowa, USA

➤ HAYDADI R. (1997) Contribution à l'appréciation de l'hygiène des abattoirs rie Rabat par analyse bactériologique des carcasses chevalines. Thèse rie Doctorat Vétérinaire. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

➤ J.O.R.A: Journal officiel algérienne des normes; JO N°35 du 27 mai 1998.

➤ J.R.LEMAIRE(1981) : Hygiène et technologie de la viande fraîche, Ed : CNRS, 67.

➤ JOUVE J.L. (1990) Microbiologie alimentaire et filière viande. *Viandes Prod. Carnés* 11:207-213

➤ JOUVE.J.L.(1996):la qualité microbiologique des aliments"maitrise critère"ed: C.N.E.R.N.A.C.N.R.s.2^{ième} edition,p445-468.

➤ KARIB H. (1995) Étude de *Versinia enterocolitica* dans les produits carnés. Thèse de Doctorat d'état ès Sciences Agronomiques, IAV Hassan II, Rabat, Maroc

- KOBAA K. (1996) Contribution à l'appréciation de l'hygiène des abattoirs de Rabat par l'analyse bactériologique des carcasses ovines. Thèse de Doctorat Vétérinaire, IAV Hassan II, Rabat, Maroc
- LARPENT J P(1997) : microbiologie alimentaire technique de laboratoire. Ed : Tech et doc, LAVOISIER, Paris, p112-p267.
- LARPENT J-P,Gourgaud M.,Sanglier J-J.(1992) :biotechnologie « principe et methode ».Ed :Doin,paris,p20.
- LECLERC H (1988) : eau de lavage in : microbiologie alimentaire. Ed : tec et doc,lavoisier,vol.1,paris,p189-200.
- LECLERC H ,buittaux r,guillaume j ,wattre p.(1977) :microbiologie appliquee,Ed :doin,paris,p228.
- LETOUZE J.C., Vendevre J.L. & Rozier J. (1986) La qualité microbiologique des produits de la découpe primaire du porc. *Viandes Prod. Carnés* 7:6-12
- LEVINE W.C., Stephenson W.T. & Craun C.F. (1991) Waterborne disease outbreaks, 1986-1989.J. *Food Prot.* 54:71-78
- LEYRAL. G, VIERLING. E (2001) : microbiologie et toxicologie des aliments (hygiène et sécurité alimentaire) 3^{ième}Ed : Doin centre régional de doc pédagogique d'aquitaine, Paris, p85-86,120-145.
- MAMVA (1996) Rapport du Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, Direction de l'Élevage, lrp
- MIKOU Y. (1994) Contribution à l'appréciation de l'hygiène par analyse bactériologique des carcasses de volaille au niveau de trois tueries dans la wilaya de Rabat-Salé. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc
- MORRIS G.J.Jr. (1996) Current trends in human diseases associated with foods of animal origin. *JAVMA* 12:2045-2047
- NOUEL.a.b.(1998):contamination de la sardin (sardinella,pichardus wald,1972)par les composés organochlorés(PCB,DDT et lindane)dans le golf d'oran (Algerie)thèse de doctorat oran,p108.

- OBLINGER J.L. & Koburger I.A. (1984) The most probable number technique. pp. 99-111. In M.L. Speck (ed.). Compendium of methods for the microbiological examination of foods, Second Edition. American Public Health Association, Washington D.C., USA
- OMS(1976) : « aspect microbiologiques de l'hygiène des denrées alimentaire ».rapport technique N°598.
- OTENG-GYANG, (1984) : introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds, Ed : tec et doc, lavoisier, paris, p149, 150.
- PALUMBO S.A. (1986) Is refrigeration enough to restrain fooclborne pathogens?J. *Food Prot.* 49:1003-1009
- POELMA P.L., Andrewes W.H. & Silliker J.H. (1984) Saaalmonella . pp. 286-326. In M.L. Speck (ed.) Compendium of methods for the microbiological examination of foods, 2nd ed. , American Public Health Association, Washington D.C. , USA
- POUMEYROL.A.(1988):incidence de l'environnement et la technologie sur la qualité des produit alimentaires.science alimentaire(8),p135.
- QUILICHINI Y., FAUTRAT V. & Cartier P. (1987) Optimisation hygiénique du premier traitement des abats en abattoir. *Rapport In/et bey Itab:1-57*
- R.ROSSET(1981) : Hygiène et technologie de la viande fraiche, Ed : CNRS, p145.
- Rosset. R(1974) : problème microbiologique concernant le traitement des viandes par réfrigération et congélation Rey.gen, froid, Paris, p65.
- ROSSET.R (1988) : réfrigération et congelation.in : microbiologie alimentaire,aspect microbiologique et securité et de la qualité alimentaire. Ed :tec et doc,lavoisier,vol 1,paris,p371,p393.
- ROTHENBERG C.A., Berry B.W. & Oblinger J.L. (1982) Microbiological characteristics of beef Longues and livers as affected by temperature-abuse and packaging systems. *J. Food Prot.* 45: 527-532
- SIERRA M.L., Garcia M.C., Otero A., Garcia E., & Gonzalez E. (1989) Incidencia de bacterias patogenas en canales de ovino recién obtenidas. *XII Conan. National SEM*

- SINELL H.J., Klingbeil H. & Benner M. (1984) Microflora of edible offal with particular reference to *Salmonella*. *J. Food Prot.* 47:481-484
- TREMOLIERE.J,SERVILLE.Y,JACQUOT.R et dupin (1980):les aliments in manuel de l'alimentation.ed:ESF,paris,tome 2,p124 ,145.
- Thèse de doctorat vétérinaire, Toulouse, n°6608, 1996.
- FRENCIA.J.P, THOMAS.E, DUFOUR.E,

Mesure de la tendreté de la viande par spectroscopie de fluorescence frontale.
<http://www.office-elevage.fr>
- FROUIN Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires, 1984, 31-58.
- GANDEMER.G, GOUTEFONGEA.R, Lipides et qualité des aliments d'origine animale.
<http://www.nantes.inra.fr>
- GANDEMER.G, Lipide du muscle et qualité de la viande. Phospholipides et flaveur.

La filière aujourd'hui demain, 1997, vol 4, numéro 1, 19-25.
- GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J,

Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes des ruminants.
Incidence de l'alimentation des animaux
INRA Prod. Anim., 2002, 15, 37-52.
- GEAY.Y, RENAND.G,

Importance de la variabilité génétique et du mode d'élevage des bovins sur les caractéristiques musculaires et les qualités organoleptiques de leurs viandes.
Renc. Rech. Ruminants, 1994, 1, 177-182.
- GEAY.Y, PICARD.B, JAILLER.Rd, JAILLER.Rt, LISTRAT.A, JURIE.C,
BAYLE.M.C,TOURAILLE.C,

Effets de la nature de la ration sur les performances, les caractéristiques musculaires et la qualité de la viande de taurillons salers.
Renc. Rech. Ruminants, 4, 307-310.
- HAUREZ.Ph, JOULIE.A,

Influence de la vitesse de croissance et de l'âge à l'abattage des jeunes bovins charolais sur la qualité de la viande.

Renc. Rech. Ruminants, 1994, 1, 201-204.

- HOCH.T, PRADEL.Ph, BEGON.C, JURIE.C, PICARD.B, LISTRAT.A, CLUZEL.S,

AGABRIEL.J,

Influence de la croissance compensatrice sur la composition corporelle et les caractéristiques musculaires de génisses Salers.

Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 259-262.

- HOCH.T, PICARD.B, JURIE.C, AGABREIL.J,

Modélisation de l'évolution des caractéristiques des fibres musculaires des bovins.

<http://www.inra.fr/productions-animales>

- JURIE.C, BAUCHART.D, CULIOLI.J, DRANSFIELD.E, JAILLER.R, LEPETIT.J,

LISTRAT.A, MARTIN.J-F, OUALIA, GEAY.Y, PICARD.B,

Modification des caractéristiques du muscle *longissimus thoracis* chez les taurillons entre 15 et 24 mois d'âge.

Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 265.

- LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R,

Evolution des qualités organoleptiques.

Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires, 1984.

- LEMAIRE.J.R,

Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires, 1984, 29-30.

- MOËVLI,

Le point sur la couleur de la viande bovine.

Institut de l'élevage, 2006. <http://www.inst-elevage.asso>.

- OURY.M.P, AGABRIEL.J, BLANQUET.J, LABOURE.H, MICOL.D, PICARD.B,

ROUX.M, DUMONT.R,

Typologie des viandes selon la qualité sensorielle chez la génisse charolaise : relations avec les performances à l'abattage des animaux.

Journées Science du Muscle et Technologie de la Viande, 2006, 228. <http://www.jsmtv.org>

- PICARD.B, BAUCHARD.D, CULIOLI.J, DRANSFIELD.E, JAILLER.R,

JURIE.C, LEPETIT.J, LISTRAT.A, OUALIA, RUDEL.S, GEAY.Y,

Caractéristiques des muscles de taurillons et de vaches de réforme de quatre races bovines du massif Central. <http://www.inra.fr/productions-animales>

➤ PIERRET.P, BREUVART.A, EISENZAEMMER.C,

Variabilité des poids et des conformations de carcasses de femelles bovines charolaises d'un groupement de producteurs de Bourgogne. Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 272.

➤ PRIOLO.A, MICOL.D, AGABRIEL.J,

Effets d'une alimentation à base d'herbe sur la couleur et la flaveur des viandes bovines. Renc. Rech. Ruminants, 2000, 7, 267.

➤ RENAND.G, LARZUL.C, LE BIHAN-DUVAL.E, LE ROY.P,

L'amélioration génétique de la qualité de la viande dans différentes espèces : situation actuelle et perspectives à court et moyen terme.

INRA Prod. Anim., 2003, 16, 159-173.

➤ . RENERRE.M, La mesure de la couleur de la viande. Journées Science du Muscle et Technologie de la Viande, 2006, 257. <http://www.jsmtv.org>

➤ VOTE.D.J, BELK.K.E, TATUM.J.D, SCANGA.J.A, SMITH.G.C,

Online prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with BeefCam module. J. Anim.Sci., 2003, 81, 457-465.

➤ WIKIPEDIA (2008) : abattoir. Ed : encyclopédie libre.

Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 268.