

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE – ALGER

المدرسة الوطنية للبيطرة - الجزائر

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

**CONTROLE DE LA QUALITE ORGANOLEPTIQUE ET
PHYSIQUO-CHIMIQUE D'UNE VIANDE CONGELEE**

Présenté par NAIT MEZIANE Soumia
SEBBAH Imane
SEGHIER Fatima Zohra Imane

Soutenu le 27/06/2013

Le jury :

- . Président** HARHOURA, K. Maître assistant_ Classe A
- . Promoteur** ZOUAMBI, B. Maître assistant – Classe A
- . Examineur** NOUICHI, S. Maître assistant _ Classe A
- . Examineur** MATALLAH, A M. Maître assistant_ Classe B

Année universitaire : 2012/2013

Remerciements

Ce travail a été réalisé à l'école nationale supérieure vétérinaire d'El Harrach (pour sa partie bibliographique) et aux Laboratoires de l'ENSV et du CACQE –Centre Algérien de Contrôle de la Qualité et de l'Emballage- (pour sa partie expérimentale), sous la direction de M. ZOUAMBI Boualem , maître assistant à l'ENSV d'El Harrach, que nous prions de trouver ici notre plus profonde reconnaissance pour les précieux conseils qu'il a bien voulu nous prodiguer, pour sa disponibilité, son sens de responsabilité et son sérieux.

Nous adressons, en particulier, nos remerciements les plus sincères à monsieur HARHOURA Khaled qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury ainsi qu'à Mme MATALLAH Asma Manel et à Mlle NOUICHI Sihem pour avoir bien voulu faire partie des membres du jury et examiner notre travail.

Nos remerciements vont également à tous nos professeurs qui nous ont assisté, aidé et accompagné durant tout le cycle de formation à l'ENSV d'El Harrach, à tous le personnel de l'école qui nous a apporté assistance, conseils et soutien, à tous nos collègues de la promotion 2013 avec lesquels nous avons passé les moments et les expériences les plus agréables et en général à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous tenons également à remercier le président directeur général du centre Algérien de contrôle de la qualité et de l'emballage (CACQE) qui a autorisé ses collaborateurs à nous apporter aide et assistance afin de mener à bien la partie expérimentale de notre PFE. Nous citerons notamment monsieur BOUROUIS, chef de laboratoire, M^{me} BOUDOUR, Mlle KARMAZLI mimi ainsi que toute l'équipe du laboratoire et du service documentation du CACQE qui ont mis à notre disposition tout ce dont on avait besoin et n'ont ménagé aucun effort pour veiller au bon déroulement de nos travaux.

Un remerciement particulier à Mme ZOUAMBI qui nous a beaucoup aidé.

Il est bien entendu que nous adressons aussi nos plus vifs remerciements à tous les membres de nos familles qui n'ont jamais cessé d'être à nos côtés pour nous apporter l'aide et l'assistance nécessaires durant les périodes difficiles.

DEDICACE

Aux êtres les plus chères

A ma très chère et adorée grand-mère qui m'a toujours ouvert ses bras, qui a su être bonne, gentille et compréhensive avec moi que dieu la garde...Merci pour vos prières qui n'ont cessé pendant tout mon parcours, merci pour toute l'éducation que vous m'avez donné.

A mes très chères tantes sans exception, qui m'ont toujours aidé, écouté, soutenue et encouragé tout au long de mon parcours et qui ont toujours été présentes auprès de moi.

A mon très cher père, qui m'a toujours encouragé et soutenu moralement. Je t'aime beaucoup, je ne pourrai jamais vivre sans toi mon trésor. Merci pour tout ce que tu m'as appris et pour tous les sacrifices que tu as fait pour moi. Un grand merci aussi pour tout l'amour que tu m'as donné.

A ma très chère mère, qui m'a aidé du mieux qu'elle pouvait pour réussir tout au long de ce parcours , qui a toujours été avec moi dans mes moments de détresse, qui a toujours su trouver les mots pour me redonner la force de continuer et d'aller jusqu'au bout. Je ne saurais exprimer mon profond amour et mon immense gratitude pour tout ce qu'elle m'avait donné.

A mon très cher frère *Samir*, merci pour tes encouragements. Que dieu te protège et t'accorde le bonheur. Merci pour tout.

A mes binômes *Imene* et *Soumia*. Je les remercie d'autant plus pour avoir essayé de me comprendre et me supporter. Je vous aime.

A mes très chères collègues qui sont devenus des frères et des sœurs pour moi , à toutes les personnes que j'aime : *Hassiba* , *Aïcha*, *Wissam*, *S. Amina* , *B. Sarah* , *S. Sarah* , *T. Meriem*, *A. Amina*, *Widad* , *D. Amel* , *K. Dalila* et à tous les collègues de *l'ENSV* et surtout ceux du groupe 09 de 5eme année.

A notre chère *Idy* qui nous a beaucoup aidé en 5eme année.

SEBBAH Imane

DEDICACE

En premier lieu à mon dieu le tout puissant qui m'a donné le courage, la force et la patience pour arriver à terme de cette étape cruciale de ma vie

A mon très cher père, la flamme de ma vie et la source de mes forces, qui n'a jamais cessé d'être à mes côtés et n'a ménagé aucun effort pour veiller sur moi avec patience et sagesse et avec ses précieux conseils que je n'oublierai jamais

A ma très chère mère, la lumière de ma vie et la cause de mon existence, qui n'a jamais cessé d'être à mes côtés et n'a ménagé aucun effort pour veiller sur mon confort avec sa patience et sa douceur

*A mes chers frères **Mohamed, Hamza, et Billel** qui ont toujours été à mes côtés*

*A ma chère petite sœur **Zinouba** que j'aime beaucoup*

*A ma chère grand-mère **Ouardia** que j'aime beaucoup et à laquelle je souhaite longue vie*

*A ma chère tante «**lella** » que j'aime beaucoup et à laquelle je souhaite longue vie*

A mes oncles et mes tantes

A tous mes cousins et cousines

A toute ma famille sans exception

*A mes chères amies et sœurs **Imane et Fatima Zohra Imane** que j'aime énormément et avec lesquelles j'ai passé les moments les plus inoubliables de ma vie*

*A mes chères amies **Sarah, Amina et Meriem** que j'aime beaucoup*

A tous mes collègues de l'ENSV, avec lesquels j'ai partagé d'agréables moments et notamment ceux du groupe 9 de 5^{ème} année

A notre chère Idy qui nous a beaucoup aidé en 5^{ème} année

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Soumia

DEDICACE

Je remercie Allah le clément et miséricordieux pour m'avoir guidé vers le droit chemin et pour m' avoir aidé tout au long de mes années d'étude.

Je dédie ce modeste travail

A feu mon père ,que dieux ait son âme ,lui accorde sa miséricorde et l'accueille dans son vaste paradis.

A ma mère

*Chère maman, ton amour, ta modestie, ton courage et surtout les sacrifices que tu as consenti pour que je ne manque de rien et que je réussisse dans mes études, je considère que tu es une maman idéale et remarquable.
Puisse dieu t'accorder longue vie.*

A ma précieuse sœur Touta.

A tous mes chers frères.

A mes belles-sœurs.

A mes nièces et mes neveux.

A tous mes amis avec lesquels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur.

Fatima Zohra Imane

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : ANATOMIE ET MORPHOLOGIE MUSCULAIRE

I.1. LES TISSUS CONSTITUANTS LE MUSCLE	2
I. 1.1. Le tissu musculaire.....	2
I. 1. 1.1. Les myofibrilles.....	3
I. 1.1. 2. Le sarcomère.....	3
I. 1.1. 3. Le réticulum sarcoplasmique.....	4
I. 1.1. 4. Le sarcoplasme.....	5
I. 1.1. 5. Le sarcolemme.....	5
I.1.2. Le tissu conjonctif.....	5
I.1.2.1. Le collagène.....	7
I.1.2.2. L'élastine.....	8
I.1.2.3. La réticuline.....	8
I.1.3. Le tissu adipeux ou gras.....	8
I.2. LA COMPOSITION CHIMIQUE DU MUSCLE	10

CHAPITRE II : MECANISME DU DEROULEMENT DE LA MATURATION

(TRANSFORMATION DU MUSCLE EN VIANDE)

II.1. CONSEQUENCES DE LA SAIGNEE.....	12
II.2. DU MUSCLE À LA VIANDE À CONSOMMER.....	14
II.2.1. L'état pantelant.....	14
II.2.2. La rigidité cadavérique (RIGOR MORTIS).....	14
II.2. 2.1. Modifications physiques (La contraction de la cellule musculaire).....	14
II.2.2.2. Transformations biochimiques (Acidification du tissu musculaire).....	15
II.2.2.3. Evolution des caractéristiques physicochimiques du muscle pendant l'installation de la rigidité cadavérique.....	16
II.2.3. La maturation.....	17
II.2.3.1. Transformations physiques.....	18

FRAICHE

GENERALITES	26
III.1. LA COULEUR	26
III.2.LA TENDRETE	28
III.2.1. Introduction	28
III.2.2. Mécanisme de l’attendrissage du tissu musculaire au cours de la maturation.....	29
III.2.3.Appréciation de la tendreté	29
III.2.4. Les facteurs de variation de la tendreté	30
III.2.4.1. Facteurs intrinsèques	30
III.2.4.2. Facteurs extrinsèques	30
III.3 LA JUTOSITE.....	31
III.3.1.Définition	31
III.3.2. Le pouvoir de rétention d’eau	31
III.4. LA FLAVEUR	32
III.4.1.Introduction	32
III.4.2. Les composés responsables de la flaveur	33
III.4.3.Les précurseurs de la flaveur	33
III.4.4. Méthodes d’étude des composés de la flaveur et de leurs précurseurs	34
III.4.4.1.Analyse sensorielle.....	34
III.4.4.2 Méthodes chimiques.....	34

III.4.5 Les réactions de formation des composés de la flaveur	35
III.4.5.1. La réaction de Maillard	35
III.4.5.2. L'oxydation lipidique	35
III.4.6. Facteurs de variation de la flaveur	35

CHAPITRE IV : LA CONGÉLATION

IV.1. CONGÉLATION DE LA VIANDE.....	36
IV.1.1. Définition de la congélation.....	36
IV.1.2. Processus de congélation.....	36
IV.2. CHANGEMENT DE LA QUALITÉ PHYSICO-CHIMIQUE DE LA VIANDE CONGÉLÉE.....	38
IV.2.1. Modification physique au cours de la congélation.....	38
IV.2.1.1. Perte d'eau.....	38
IV.2.1.2. Recristallisation.....	38
IV.2.1.3. Modification de texture.....	39
IV.2.2. Modification chimique au cours de la congélation : réaction chimique et enzymatique dans les milieux congelés.....	40
IV.2.2.1. Impact prépondérant des dégradations des lipides lors de la congélation.....	40
IV.2.2.2. Dénaturation des protéines lors de la congélation et diminution du pouvoir de rétention d'eau.....	41
IV.2.2.3. pH musculaire.....	42
IV.3. CHANGEMENT DE LA QUALITÉ ORGANOLEPTIQUE DE LA VIANDE CONGÉLÉE.....	43
IV.3.1. Effet de la congélation sur la tendreté et la jutosité de la viande.....	43
IV.3.1.1. Congélation et tendreté de la viande.....	43
IV.3.1.2. Congélation et jutosité de la viande.....	43
IV.3.2. Effet de la congélation sur la couleur et la flaveur de la viande.....	43

IV.3.2.1. Congélation et couleur de la viande.....	43
IV.3.2.2. Congélation et flaveur de la viande.....	44
CHAPITRE V : PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUE	
V.1 ABVT.....	46
V.2 pH.....	46
V.3 Indice TBA.....	47
PARTIE EXPERIMENTALE	
I. Introduction des techniques.....	48
II. Matériel et méthodes.....	48
III. Lieu de réalisation des analyses.....	49
IV. Méthodes.....	49
IV.1. ABVT.....	49
a)Principe.....	49
b) Protocole.....	49
c)Résultats.....	52
d) Expression des résultats.....	52
e)Application numérique.....	53
IV. 2. pH.....	55
a)Principe.....	55
b) Protocole.....	55
c)Résultats.....	57
d) Expression des résultats.....	57
IV.3. Indice TBA.....	58
a)Principe.....	58
b)Protocole.....	58
c)Résultats.....	61
d)Expression des résultats.....	61
e)Application numérique.....	62
Tableau récapitulatif des trois analyses (ABVT, pH, et indice TBA).....	63
Discussion des résultats.....	64
Conclusion.....	70

TABLE DES FIGURES

◇ Partie bibliographique

- **Figure I. 1** Organisation microscopique d'une fibre musculaire squelettique.
- **Figure I. 2** Organisation à l'intérieur d'un muscle squelettique.
- **Figure I .3** Répartition du tissu conjonctif au niveau d'un muscle.
- **Figure II. 1** Conséquences de l'arrêt de la circulation sanguine dans le muscle
- **Figure III.1** Etats d'oxydation du fer hémique
- **Figure IV.1** Temps ou distance du centre thermique.
- **Figure IV.2** Effets de l'oxydation des lipides sur la qualité des aliments.

◇ Partie expérimentale

ABVT

- **Figure 1** Homogénéisation
- **Figure 2** Homogénéisat dans le ballon à distiller
- **Figure 3** Indicateur coloré
- **Figure 4** Appareil de distillation

pH

- **Figure 5** Les solutions tampons
- **Figure 6** pH mètre

TBA

- **Figure 7** Solution de BHA (7,2%)
- **Figure 8** Solution de TCA (5%)
- **Figure 9** Filtrage
- **Figure 10** L'échantillon et le blanc dans le bain marie
- **Figure 11** Spectrophotomètre

LISTE DES TABLEAUX

◇ Partie bibliographique

- **Tableau I. 1** composition chimique du muscle squelettique.
- **Tableau I. 2** compositions chimiques moyennes d'un muscle.
- **Tableau III. 1** Couleur de la viande

◇ Partie expérimentale

- **Tableau 1** Résultats des analyses de l'ABVT
- **Tableau 2** Résultats des analyses du pH
- **Tableau 3** Résultats des analyses de l'indice TBA
- **Tableau 4** Tableau récapitulatif des Résultats des trois analyses (ABVT, pH, indice TBA)

LISTE DES ABREVIATIONS

A.B.V.T	Azote Basique Volatil Total
A.D.P	Adenosine Diphosphate
A.M.P	Adenosine Monophosphate
A.T.P	Adenosine Triphosphate
A.T.Pase	Adenosine Triphosphatase
Ala	Alanine
C.A.F	Calcium Activated Factor
Ca ²⁺	Ions Calcium
CACQE	Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l’Emballage
Cg1a	Echantillon d’une viande locale congelée pendant six mois
Cg1b	Echantillon d’une viande locale congelée pendant neuf mois
Cg2	Echantillon d’une viande importée congelée pendant seize mois
Cm	Centimètre
CO ₂	Dioxyde de carbone
DMA	Diméthylamine
E	Energie
ENSV	Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire
FAO	Food and Agriculture Organization (organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)
Fr	Echantillon d’une viande fraîche
Gly	Glycine
H ⁺	Ion Hydrogène
H ₂ O	Molécule d’eau
H ₂ S	Le sulfure d'hydrogène (Hydrogène sulfuré)
H ₃ PO ₄	Acide phosphorique
Hyp	Hydroxyproline
I.M.P	Acide inosinique
Indice TBA	Indice de l’acide Thiobarbiturique
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
K ⁺	Ions Potassium
Log	Logarithme
Lux	Unité de mesure de la lumière

Liste des Abréviations

MbO ₂	oxymyoglobine
Met Mb	Metmyoglobine
Mg ²⁺	Ions Magnésium
NH ₃	Gaz Ammoniac
nm	Nanomètre
O ₂	Oxygène
OMS	Organisation Mondiale de la santé
PC	Phosphocréatine
pH	Potentiel Hydrogène
Pi	point isoélectrique
PRE	Pouvoir de rétention d'eau
Pro	Proline
RCH ₃	Chaîne hydrocarbonée
RNH ₂	Amines
Tc	Température Cryoscopique
TMA	Triméthylamine
TVB-N	Total volatil basic nitrogen
%	Pour cent
°C	Degré Celsius
µm	Micromètre

INTRODUCTION

La viande est une denrée d'une nécessité importante dans le monde suite à sa richesse en nutriments, sa consommation est freinée souvent par les prix.

L'Algérie connaît une flambée des prix, notamment pendant le mois sacré du Ramadhan, un mois connu pour la grande consommation de viande par les citoyens tandis que la production de la viande rouge ne représente pas une quantité suffisante pour faire face à cette demande d'où la nécessité de l'importation de la viande congelée.

L'Algérie a importé plus de 35 000 tonnes de viande bovine congelée depuis janvier 2012 provenant du Brésil, de l'Inde et de différents pays européens pour répondre à la forte demande et atténuer la flambée des prix de la viande fraîche (JOURNAL: LE SOIR). Outre cela, des vétérinaires superviseront les circonstances d'abattage Halal, et ce avant que les contrats ne soient signés.

De plus, des paramètres organoleptiques (couleur, flaveur, tendreté, jutosité) et physicochimiques (ABVT : Azote Basique Volatile Totale, pH : potentiel Hydrogène, indice TBA : Acide Thiobarbiturique) interviennent largement dans le contrôle de la qualité de la viande. L'estimation de la qualité de la viande en Algérie se fait par des analyses microbiologiques et physicochimiques (ABVT, pH). En outre la mesure de l'indice TBA n'est pas pratiquée parce qu'elle n'est pas édictée en Algérie par la réglementation.

En vue d'étudier le contrôle de la qualité physicochimique de la viande congelée notamment la mesure de l'indice TBA, notre mémoire comporte deux parties :

-Première partie (bibliographique) consacrée à l'étude de la structure du muscle et les propriétés de ses différents composants ainsi que leur évolution au cours des processus de transformation jusqu'au produit final de la viande bovine, les qualités sensorielles, processus de la congélation et les modifications organoleptiques et physicochimiques au cours de ce processus.

-La deuxième partie (expérimentale) examine l'analyse de quelques paramètres physicochimiques à savoir l'ABVT, pH et l'indice TBA permettant d'apprécier la qualité d'une viande congelée.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Le muscle strié est le constituant principal des carcasses des animaux de boucherie. Il est constitué d'eau (75 %), protéine (19%), lipides (1 à 99%), de minéraux et de substances azotées non protéiques. (Créatine et acide aminés libres). **(COIBION, 2008)**

Une carcasse de bovin est composée de 105 muscles différents avec une grande variabilité entre les muscles. **(COIBION, 2008)**

La composition du muscle elle-même est très variable suivant les muscles. Ainsi la teneur en collagène et la quantité de graisse intramusculaire diffèrent. **(COIBION, 2008)**

Le tissu musculaire est un tissu très différencié et hautement spécialisé. C'est à son niveau que s'opère la transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique qui assure le maintien et la locomotion des individus. Les systèmes qui assurent le métabolisme énergétique du tissu musculaire en déterminant largement la couleur, la texture et la composition. Ils influent plus ou moins directement sur les caractéristiques organoleptiques des viandes et sont très largement responsables de l'hétérogénéité observable au niveau des propriétés des viandes. **(DUMONT et al., 1982)**

I.1 LES TISSUS CONSTITUANTS LE MUSCLE

Le muscle est construit un peu comme une poupée russe : il contient des paquets de paquets de paquets de cellules. Il est composé de trois tissus différents :

- Le tissu musculaire
- Le tissu conjonctif
- Le tissu gras **(COUVEZ et al., 2005)**

I .1 .1 Le tissu musculaire

Le tissu musculaire est composé de longues cellules, appelées fibres musculaires, qui ont la capacité de se contracter et se décontracter, pour permettre le mouvement musculaire. Les fibres musculaires sont regroupées en paquets de quelques dizaines de fibres, qui composent ce qu'on appelle un faisceau musculaire. **(COUVEZ et al., 2005)**

Chaque cellule musculaire (fibre) contient des paquets de protéines qu'on appelle myofibrille. Chaque myofibrille regroupe deux types de protéines : des actines et des myosines. Ces deux protéines se déplacent l'une contre l'autre, s'attachant et se détachant à chaque mouvement. C'est ce mécanisme qui permet la contraction musculaire. **(COUVEZ et al., 2005)**

Donc l'unité de base du tissu musculaire est la fibre musculaire **(Figure I.1)**, cellule plurinucléée grande de 3 à 50 cm de longueur et de 10 à 100 µm de diamètre **(DUMONT et al., 1982)**. Elle contient des fibrilles responsables de la contraction musculaire. Les fibres musculaires

sont colorées par un pigment : « la myoglobine » qui sert de réserve d'O₂ à la cellule, en vue de la contraction. (VIERLING, 2008)

Les composants différents d'une fibre musculaire sont :

- * Les myofibrilles.
- * Le sarcomère.
- * Le réticulum sarcoplasmique.
- * Le sarcoplasme.
- * Le sarcolemme.

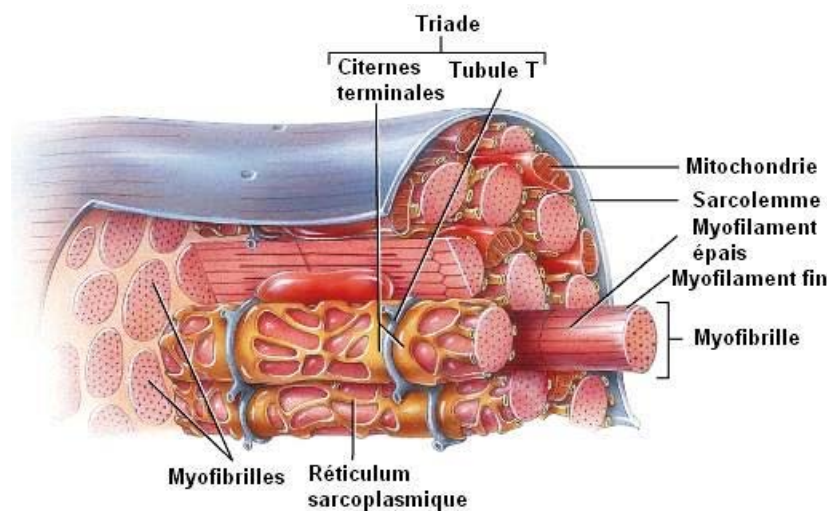


Figure I .1- organisation microscopique d'une fibre musculaire squelettique.
(WHEATER et al ., 2001)

I. 1. 1.1 Les myofibrilles

Au sein de chaque fibre on trouve un grand nombre de fibrilles (1000 à 3000 selon le diamètre des fibres) disposées parallèlement au grand axe de la fibre. Ces myofibrilles contiennent un appareil contractile fait de filaments protéiques de différentes natures. (COIBION, 2008)

Les disques sont un assemblage complexe des deux protéines contractiles du muscle : l'ACTINE et la MYOSINE. Ce sont ces protéines qui font la valeur de la viande comme aliment plastique. Citons également la MYOGLOBINE, protéine non contractile donnant au muscle sa couleur rouge, et assurant les échanges d'oxygène entre le sang et les fibres. (SOLTNER, 1979)

I. 1. 1. 2 Le sarcomère (Figure I. 2)

Le sarcomère est composé de filaments épais (myosine) occupant la portion centrale. Autour d'eux, sont disposés des filaments plus fins (actine). (COIBION, 2008)

La contraction musculaire est assurée par le glissement des filaments d'actine par rapport aux filaments de myosine, au sein des sarcomères. (COIBION, 2008)

Les différents éléments de la troponine et la tropomyosine interviennent pour réguler la contraction **(ALAIS et al., 2004)**. La contraction musculaire se traduit par un raccourcissement des sarcomères. **(COIBION, 2008)** :

-La myosine

Les chaînes lourdes possèdent des parties à structure hélicoïdale qui forment le filament de la structure quaternaire ; l'extrémité globulaire, à laquelle les chaînes légères sont associées, forme la tête de la molécule de myosine. **(ALAIS et al., 2004)**

La myosine possède une activité ATPasique qui, en présence d'actine, est activée par les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . **(ALAIS et al., 2004)**

-L'actine

La bande A est constituée de filaments épais de myosine, la bande I ne contient que des filaments fins d'actine fixés au niveau de la strie Z. La bande H correspond à la zone dénudée du filament épais de myosine. **(ALAIS et al., 2004)**

Il y a une liaison entre la molécule de G-actine, l'ATP et un ion Ca^{2+} ou Mg^{2+} .

Les protéines régulatrices sont distribuées périodiquement le long de l'actine.

L'actomyosine est le résultat de l'association de nombreux filaments de myosine et d'actine. **(ALAIS et al., 2004)**

-La contraction musculaire

La contraction musculaire se traduit par un glissement de filaments minces entre filaments épais, sans modification de la longueur. La force motrice vient de la liaison des têtes de myosine sur un site de fixation dans l'actine, suivie d'une modification de structure des têtes. La commande revient à l'influx nerveux qui libère des ions Ca^{2+} ; alors se manifeste, en présence de Mg^{2+} , l'activité ATPasique qui produit l'énergie nécessaire à la contraction :



(ALAIS et al., 2004)

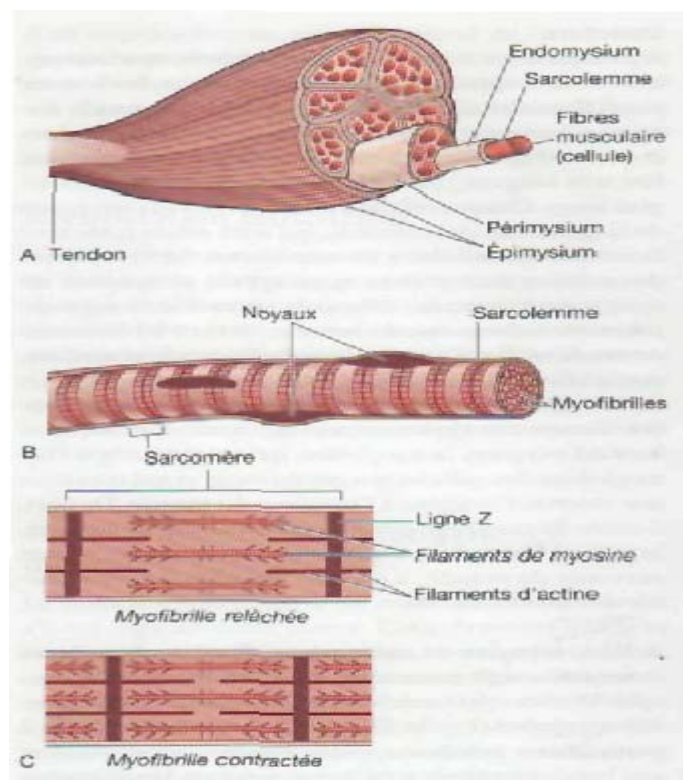
I. 1.1. 3 Le réticulum sarcoplasmique

Dans la fibre, les myofibrilles sont maintenues par les éléments longitudinaux et transversaux du réticulum sarcoplasmique qui, en outre, joue un rôle fondamental dans la régulation du taux de Ca^{2+} libre dans la cellule musculaire, contrôlant ainsi l'état de contraction des fibres.

(DUMONT et al., 1982)

I. 1. 1.4 Le sarcoplasme

Il représente l'ensemble des composants des fibres autres que ceux des myofibrilles et du réticulum sarcoplasmique (**DUMONT et al., 1982**), il entoure les myofibrilles (**VIERLING, 2008**). Le sarcoplasme renferme en particulier de plus de 100 protéines solubles dans l'eau et les solutions salines peu concentrées : principalement, des globulines, des enzymes et des albumines, de la myoglobine, des mitochondries, des noyaux, des lipides, du glycogène, le myogène et il contient en outre l'ATP et la créatine. (**VIERLING, 2008**), (**ALAIS et al., 2004**).

I. 1. 1.5 Le sarcolemme : La membrane externe de la fibre. (**ALAIS et al., 2004**)

A : Un muscle squelettique et son tissu conjonctif.

B : Une fibre musculaire (cellule).

C : Une myofibrille relâchée et contractée.

Figure I. 2 - organisation à l'intérieur d'un muscle squelettique.

(WAUGH et al., 2009)

I. 1. 2 Le tissu conjonctif

C'est un tissu de protection et de transmission de la force des muscles aux os. Il constitue un véritable tissu d'emballage enveloppant chaque élément du muscle et le muscle lui-même (**SOLTNER, 1979**). Le tissu conjonctif forme une trame qui représente l'armature interne du muscle ; cette trame constituée par le périmysium. (**VIERLING, 2008**).

Si la proportion des fibres musculaires est importante par rapport à celle du tissu conjonctif, cette appréciation basée sur l'observation empirique permet à l'utilisateur d'estimer la tendreté de la viande. Le tissu conjonctif est riche en collagène et a un rôle de liaison et de nutrition pour le muscle. (VIERLING, 2008)

On le retrouve à différents niveaux du muscle :(figure I.3)

- ◇ L'endomysium : entoure le sarcolemme de chaque fibre musculaire.
- ◇ Le périmysium : entoure chacun des faisceaux de fibres musculaires de 20 à 50 fibres pour former un faisceau primaire et les relier entre eux, où domine le collagène.

Ces cloisons sont plus ou moins chargées de graisse et sont la voie de pénétration des vaisseaux sanguins et des nerfs.

◇ L'épimysium : constitue l'enveloppe conjonctive externe du muscle. Celui-ci est entièrement recouvert par une enveloppe conjonctive, prolongement des cloisons conjonctives internes. Cette enveloppe élastique et résistante se prolonge en un tendon qui assure la fixation du muscle au squelette. (COUVEZ et al., 2005), (COIBION, 2008), (SOLTNER , 1979)

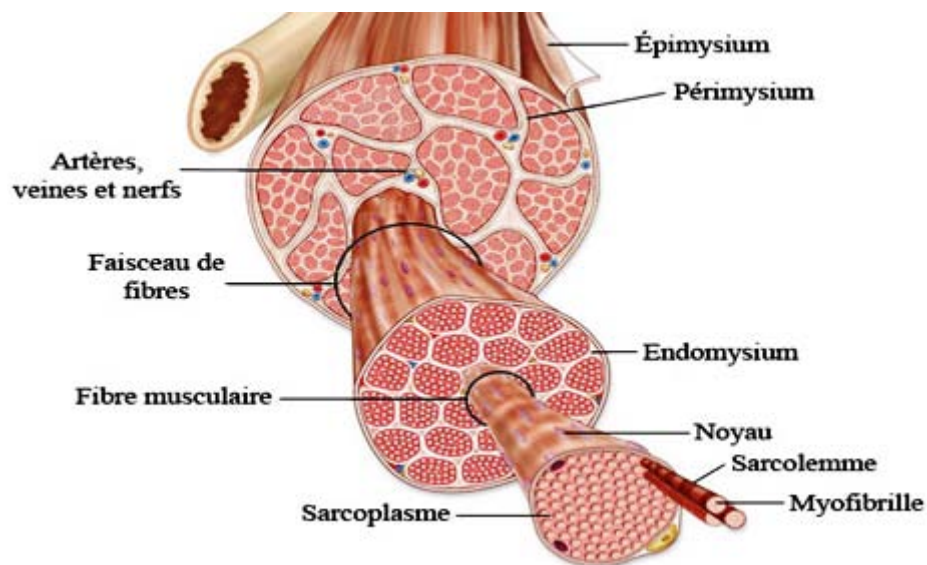


Figure I. 3- Répartition du tissu conjonctif au niveau d'un muscle.
(The Mc Graw-Hill companies, I.1999)

Le tissu conjonctif est constitué :

- de cellules** séparées les unes des autres par une matière interstitielle colloïdale et visqueuse. Leur rôle, important en biologie, est secondaire dans le problème de la viande,
- de fibres** conjonctives élastiques et très résistantes. Ce sont elles qui sont responsables de la résistance de la viande à la mastication : (SOLTNER, 1979)

I. 1.2 .1 Le collagène

c'est la principale protéine des tissus conjonctifs et du squelette des vertébrés.

Le collagène est associé à un second matériau, les polysaccharides ; ceux-ci forment un réseau hydrate résistant à la compression. **(ALAIS et al., 2004)**

Leur composition est très inhabituelle près de 70 % du total des résidus est constitué de trois acides aminés seulement : Gly 35%, Ala 12%, Pro et Hydroxyproline (Hyp) 20 %.**(ALAIS et al., 2004)**

La structure enroulée donne à la fois des propriétés de résistance et d'élasticité au tissu conjonctif qui contient le collagène. **(ALAIS et al., 2004)**

Les fibres de collagène ressemblent à des paquets de cheveux qui s'entrecroisent sans se souder. L'eau chaude à 80° hydrolyse le collagène en gélatine, ce qui explique que les viandes dures puissent devenir consommables après cuisson dans l'eau bouillante. **(SOLTNER, 1979)**

Le collagène étant une protéine a une valeur nutritive et a pour rôle de transmettre les tensions musculaires. **(SOLTNER, 1979)**

La tendreté de la viande est très dépendante de la teneur en collagène du muscle. Cette teneur varie entre 2 et 12 milligrammes /gramme de produit frais. **(COIBION, 2008)**

La tendreté d'une viande n'est pas simplement due à la teneur en collagène : elle dépend surtout de la structure de cette protéine. La solubilité du collagène d'un muscle donné dans une solution saline ou acide diminue avec l'âge de l'animal. **(COIBION, 2008)**

Les éléments précurseurs du collagène sont synthétisés à l'intérieur des fibroblastes. Il y a ensuite juxtaposition de ces molécules à l'extérieur des cellules pour former les fibres de collagène proprement dites. **(COIBION, 2008)**

Entre les fibres et les fibrilles, des liaisons, de nombre et de nature variables, peuvent se former. C'est le nombre de ces liaisons qui permet de définir le degré de réticulation du collagène et donc de déterminer la dureté de la viande. **(COIBION, 2008)**

Plus le degré de réticulisation sera important, plus les fibres et les fibrilles seront solidement liées entre elles, plus la viande sera dure. **(COIBION, 2008)**

La trame collagénique est localisée à 3 niveaux : (figure I.3)

L'épimysium, le périmysium, l'endomysium

Ces différentes structures ont des rôles amortisseurs et de transmission de la tension au sein du muscle. **(COIBION, 2008)**

On distingue plusieurs types de collagène selon leur origine et leur composition :

Type I, type II, type III, type IV et V.

(ALAIS et al., 2004)

I. 1. 2. 2. L'élastine

L'élastine est le deuxième constituant de tissu conjonctif, qui caractérise les tissus élastiques par sa structure fibreuse. Il ne subit aucune modification lors des traitements thermiques, elle n'est pas digestible. **(VIERLING, 2008)** , **(ALAIS et al., 2004)**.

Les fibres d'élastine, très fines et branchues, sont soudées entre elles pour former un réseau lâche. Elles résistent à la cuisson dans l'eau ; elle gonfle mais ne se dissout pas. Elle résiste aussi à la plupart des protéases : pepsine, trypsine, chymotrypsine : mais elle est partiellement hydrolysée par l'élastase du pancréas (et aussi par la papaïne). Cette protéine n'est pas attaquée par les acides et les bases relativement concentrées. **(ALAIS et al., 2004)**

Les propriétés élastiques des tissus conjonctifs sont dues à ce réseau de pelotes (sous forme d'enroulements désordonnés) d'élastine. **(ALAIS et al., 2004)**

I. 1.2. 3. La réticuline

C'est une substance très proche du collagène par son ultra-structure et ses propriétés physiques. **(COIBION, 2008)**

L'élastine et la réticuline sont les autres composantes majeures du tissu conjonctif. **(COIBION, 2008)**

I .1.3. Le tissu adipeux ou gras

La graisse intramusculaire a une influence sur la qualité gustative de la viande. Alors que la composition du muscle est assez constante, celle de la viande est très variable. **(COIBION, 2008)**

De plus, la viande bovine se caractérise aussi par un rapport augmenté : $\frac{\text{prot éines}}{\text{lipides}}$.

D'une façon générale, la quantité et la nature des lipides déposés dans le muscle dépendent en grande partie, non seulement des apports alimentaires, mais aussi de la digestion, de l'absorption intestinale, du métabolisme hépatique et des systèmes de transport des lipides jusqu'au muscle (chez l'animal). **(COIBION, 2008)**

Ainsi, dans la viande bovine, on note une certaine richesse en acides gras saturés (palmitique, stéarique) et en acide gras mono-insaturés (oléique). **(COIBION, 2008)**

Par contre, la viande bovine est relativement pauvre en acide gras polyinsaturés. **(COIBION, 2008)**

Le tissu adipeux est composé de cellules capables d'accumuler beaucoup de molécules de graisse qui sont réunies en lobules et qui constituent les principales réserves d'énergie de l'animal, après le glycogène contenu dans les muscles. Il existe deux grandes catégories de tissus adipeux :

- Le tissu adipeux situé à la surface du corps, sous la peau, qui constitue une couche de protection thermique et des réserves énergétiques. **(COUVEZ et al., 2005)**

- Le tissu adipeux situé à l'intérieur et autour des muscles ou de certains organes, et qui constitue des réserves énergétiques. **(COUVEZ et al., 2005)**

Les lipides du tissu gras sont des triglycérides contenant une douzaine d'acides gras dont voici les plus abondants :

- acide oléique..... 39 a 50 %
- acide palmitique..... 24 a 33 %
- acide stéarique..... 14 a 29 %
- acide myristique..... 2 à 8 % **(SOLTNER, 1979)**

Une viande contenant une quantité importante de gras intramusculaire (à l'intérieur du muscle) est dite : "Persillée". **(COUVEZ et al., 2005).**

I. 2 LA COMPOSITION CHIMIQUE DU MUSCLE

Le tableau suivant donne la composition chimique du muscle squelettique de 1^{ère} catégorie de bœuf à l'origine d'une viande de 1^{ère} catégorie bien parée. (VIERLING, 2008).

Tableau I .1- composition chimique du muscle squelettique.
(VIERLING, 2008).

Composants	Teneur moyenne %
Eau – variation forte –varie en raison inverse des lipides	64 à 78
Protéines (total)	18
• Protéines des fibres musculaires	15
* Protéines des fibrilles	9
~Myosine	5
~Actine	2
~ Protéines de la régulation de la contraction	2
* Protéines du sarcoplasme des fibres	6
~Myoglobine des fibres musculaires	0,4
~Fraction myogène dont protéines à rôle enzymatique	5
• Protéines du tissu conjonctif dont :	3
*Collagène	1,5
*Elastine	0,1
*Hémoglobine (elle a diminuée lors de la saignée)	0,1
Substance azotées non protéiques	1,5
•Acides aminés (dont L carnitine), peptides (dont carnosine)	0,6
•Autres dérivés azotes (nucléotides, ATP, phosphocréatine)	0,9
Lipides –variation forte	2 á 13
Glucides dont :	1
•Glycogène	0,8
•Glucose	0,1
•Produits du métabolisme cellulaire	0,1
Composants minéraux dont :	1
•Potassium	0,3
•Phosphore	0,2
•Sodium	0,1
•Autres composants : Ca^{2+} , magnésium, oligoéléments	0,4

Les protéines du muscle se répartissent de la manière suivante:

◇Protéines extracellulaire : collagène, réticuline, élastine.

◇Protéine intracellulaire.

◇Protéines sarcoplasmiques : albumine, globuline, myoglobine, hémoglobine.

◇Protéines myofibrillaires :

- Protéines filamenteuses : actine, myosine
- Protéines de régulation : tropomyosine, troponine, actinine, protéines de la ligne M, protéines C.
- Protéines insoluble de la strie Z (type collagène). **(COIBION, 2008)**

La composition chimique d'un muscle est variable entre les animaux, et chez un même animal, d'un muscle à l'autre. On peut tout de même retenir une composition moyenne : **(COIBION, 2008)**

Tableau I. 2- composition chimique moyenne d'un muscle.
(COIBION, 2008)

Eau	75%
Protéines	18,5%
Lipides	3%
Substances azotées non protéiques	1,5%
Glucides et catabolites	1%
Composés minéraux	1%

II .1. CONSEQUENCES DE LA SAIGNEE

La saignée doit être rapide et totale, car la persistance de sang dans les fins vaisseaux confère à la carcasse un aspect congestif et favorise la pénétration ultérieure des germes exogènes. Par ailleurs, l'aspect congestif, au cours de l'inspection vétérinaire, est un signe de suspicion à l'égard de l'état de santé de l'animal abattu et des conditions de l'abattage. **(PITRE, 1975)**

Elle a pour but de retirer le plus de sang possible de la carcasse, à la fois par souci de présentation de celle-ci et parce que le sang constitue un milieu très favorable à la croissance des microorganismes. **(DUMONT et al., 1982)**

Dès le début de l'hémorragie, la pression artérielle baisse progressivement, l'amplitude et la fréquence respiratoire augmentent. Après quelques minutes, un collapsus cardio-vasculaire s'installe, la chute de la tension s'accélère et la respiration s'arrête. Le rythme cardiaque devient alors lent et irrégulier avec des pauses, puis le cœur s'arrête à son tour. **(PITRE, 1975)**

La mort survient lorsque la perte de sang représente les $\frac{3}{5}$ du volume sanguin.

La saignée est plus complète lorsque l'animal est suspendu la tête en bas que lorsqu'il est en décubitus, parce que le cerveau restant irrigué plus longtemps dans la première position, le collapsus survient plus tardivement. **(PITRE, 1975)**

Le collapsus correspond à un déséquilibre hémodynamique brutal auquel l'organisme ne peut pas faire face. Le volume sanguin s'effondre avant que les mécanismes correcteurs aient eu le temps d'entrer en action ; la syncope est due essentiellement à la souffrance anoxique de l'encéphale et de centres bulbaires privés brusquement d'apport sanguin. **(PITRE, 1975)**

L'hypotension artérielle entraîne, par reflexe sino-carotidien et par décharge d'adrénaline au niveau des médullo-surrénales, une tachycardie et une vasoconstriction. La vasoconstriction porte essentiellement sur les vaisseaux splanchniques et ceux des muscles, à l'exception des muscles respiratoires, du myocarde et du cerveau. Cette vasoconstriction est responsable des microhémorragies musculaires, envisagées par ailleurs. **(PITRE, 1975)**

Si la saignée est trop lente, la vasoconstriction tend à remonter la pression artérielle ; un début d'état de choc a le temps de commencer à s'instaurer avec toute la complexité métabolique élucidée par LABORIT. Dans ce cas, bien que la survie ne puisse qu'être brève, une acidose anoxique par mise en œuvre rapide de la glycogénolyse cellulaire et une fuite de potassium à partir des cellules peuvent survenir. **(PITRE, 1975)**

Au niveau des tissus, le principal effet de la saignée et de l'arrêt de la circulation sanguine qui en découle est d'interrompre l'apport d'oxygène et de nutriments aux cellules. Le muscle continue de vivre, mais en épuisant ses réserves énergétiques. La privation d'oxygène diminue

considérablement son pouvoir d'oxydation et seuls les mécanismes anaérobies continuent de fonctionner : il en résulte un ensemble de modifications du métabolisme avec des répercussions sur la structure même du tissu, que Lawrie a résumé dans le tableau synoptique que nous rapportons ci-après. (DUMONT et al., 1982) (figure II.1)

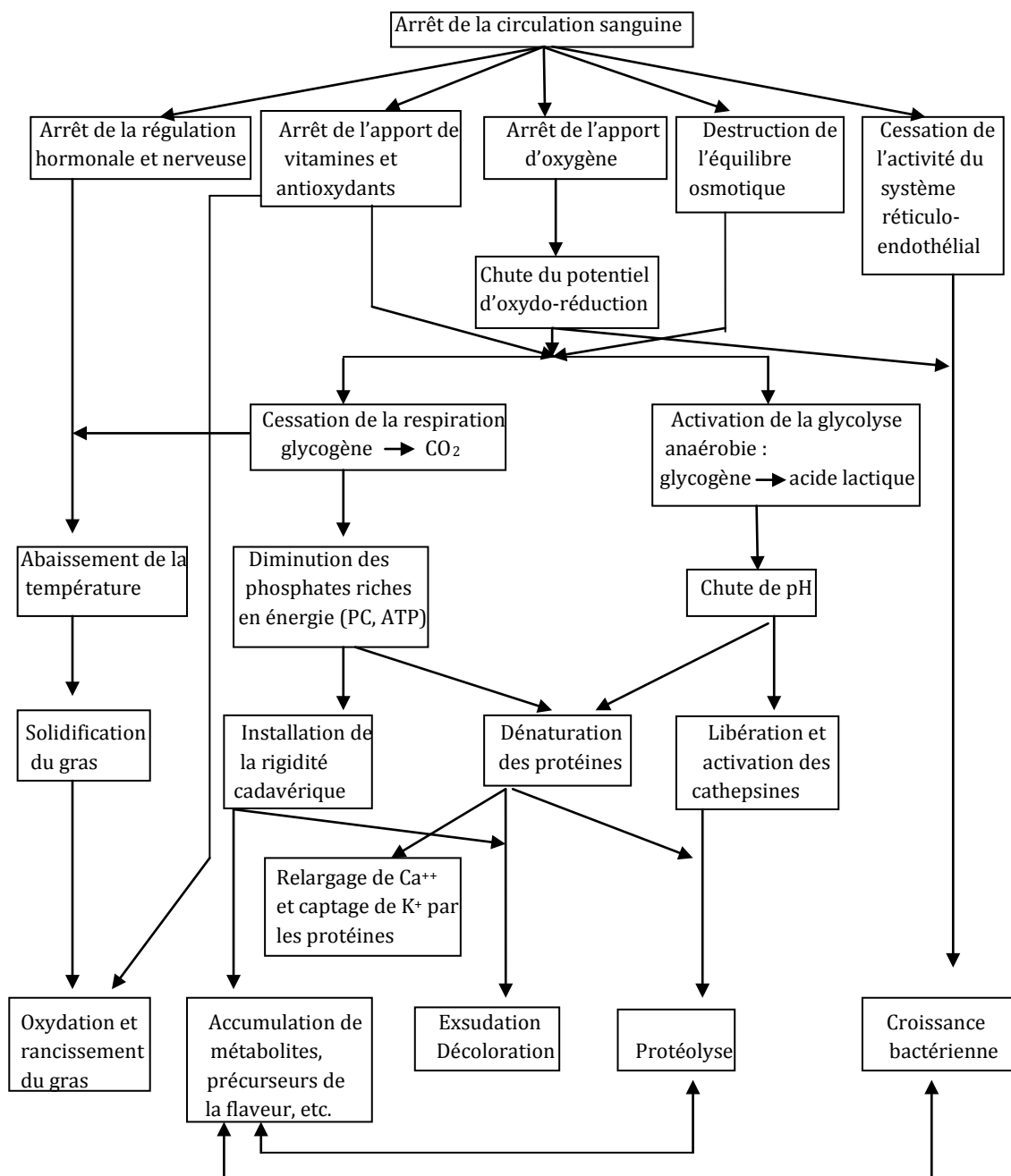


Figure II.1 - Conséquences de l'arrêt de la circulation sanguine dans le muscle
(d'après Lawrie, 1966 In DUMONT et al., 1982)

II. 2. DU MUSCLE A LA VIANDE A CONSOMMER

La transformation du muscle en viande repose très largement sur des mécanismes biochimiques qui après la mort des animaux modifient plus ou moins profondément la composition et la structure du muscle. Les réactions mises en jeu, essentiellement des réactions hydrolytiques, dissipent les réserves énergétiques du muscle (ATP, PC, glycogène) et affectent l'état d'organisation et la structure même des protéines et des différentes fractions lipidiques musculaires. (MICOL et al., 1986)

Avant la mort de l'animal, le muscle est un milieu neutre (pH proche de 7), après la mort, il va progressivement s'acidifier pour arriver à un pH compris entre 5,5 et 5,7 pour une viande de qualité. (COUVEZ et al., 2005)

Au cours de sa transformation en viande, le muscle passe successivement par 3 états différents qui sont :

- Phase de pantelance
- Phase de rigidité cadavérique
- Phase de maturation.

II. 2. 1. L'état pantelant

La phase de pantelance suit directement l'abattage : le muscle est encore chaud, détendu, mou, animé de contraction mais ne reçoit plus d'information du système nerveux (COUVEZ et al., 2005), (JEAN-BLAIN, 1948) : on observe une succession de contraction et relaxation musculaire (COIBION, 2008), la durée de ces excitations coïncide en effet avec la durée de survie du système nerveux. A ce moment, la viande possède le maximum de goût. (JEAN-BLAIN, 1948)

Le muscle ne reçoit plus d'O₂ et de molécules d'E, et son métabolisme se modifie : il utilise ses réserves de glycogène en fonctionnement anaérobie, ce qui produit de l'acide lactique. Or, il n'y a plus de sang pour évacuer les déchets des réactions chimiques du muscle. (COUVEZ et al., 2005). L'accumulation d'acide lactique qui s'en suit provoque ainsi une diminution du pH et la viande s'acidifie : son pH baisse qui passe de 7 à 5,5. (COIBION, 2008)

II. 2. 2. La rigidité cadavérique (RIGOR MORTIS)

II. 2. 2. 1. Modifications physiques : (La contraction de la cellule musculaire)

La rigidité cadavérique ne se produit pas à la même vitesse chez toutes les espèces animales (COUVEZ et al., 2005) : suite à l'absence d'influx nerveux, la contraction de la cellule musculaire après l'abattage est donc d'origine chimique. (COIBION, 2008).

L'installation de la rigidité cadavérique (ou rigor mortis) est directement perceptible sur la carcasse : la musculature devient progressivement raide et inextensible dans les heures qui suivent la mort de l'animal. Ce phénomène résulte de l'épuisement du composé qui permet au muscle vivant de conserver son élasticité et qui par ailleurs fournit l'énergie nécessaire au travail musculaire c'est l'adénosine triphosphate (A. T. P). (MONIN In **DUMONT et al., 1982**)

Immédiatement après l'abattage le muscle possède une réserve suffisante d'ATP pour maintenir la dissociation de l'actine et de la myosine. De ce fait, il garde son élasticité. (**COIBION, 2008**)

L'A.T.P inhibe la combinaison des filaments d'actine et de myosine constituant l'appareil contractile. Après la mort ce composé est hydrolysé sous l'action de différentes hydrolases – les A.T.P. ases – plus rapidement qu'il n'est régénéré par les différentes voies de resynthèse. Lorsque le taux d'A.T.P s'abaisse en dessous d'un certain niveau, les molécules d'actine et de myosine se combinent en actomyosine et l'ensemble de l'appareil myofibrillaire se transforme en un système rigide, il n'y a plus de déplacement relatif possible des filaments contractiles donc plus d'élasticité : le muscle devient inextensible. (MONIN In **DUMONT et al., 1982**)

Puis, au cours du refroidissement, les muscles deviennent fermes. La rigidité cadavérique s'empare de la carcasse en frappant les muscles dans un ordre déterminé. Elle commence par les muscles de la tête, puis gagne les muscles du tronc et du cou, s'étend ensuite à ceux des membres antérieurs pour atteindre, enfin les muscles des membres postérieurs. (**JEAN-BLAIN, 1948**)

On parle aussi d'état de rigor mortis : lorsque le muscle s'acidifie et que son pH devient < 6, les réactions chimiques ralentissent dans le muscle et les fibres se figent de façon irréversible, le muscle devient dur. (**COUVEZ et al., 2005**)

Par la suite la rigidité musculaire va progressivement s'estomper mais pas l'inextensibilité. Cette « résolution » de la *rigor* découle de modifications subies par les protéines constituant la structure myofibrillaire (La maturation). (MONIN In **DUMONT et al., 1982**)

II. 2. 2. Transformations biochimiques : (Acidification du tissu musculaire)

Après l'abattage et la saignée, en l'absence d'O₂, divers mécanismes de resynthèse s'opposent à la dégradation de l'ATP : la réaction la plus importante, car elle conditionne l'évolution du pH et des caractéristiques physicochimiques pendant l'établissement de la rigidité, est la lyse du glycogène :



L'acidification est due au turn-over de l'ATP. Ainsi l'acidification sera fonction de la vitesse du turn-over. Après la mort, le turn-over de l'ATP sera assuré tant que les réserves de phosphocréatine et de glycogène le permettront et que la diminution du pH n'inhibera pas la voie glycolytique. L'amplitude de la diminution du pH sera donc fonction des réserves énergétiques. **(COIBION, 2008)**

Le glycogène musculaire va fournir de l'ATP par la phosphorylation de l'ADP. La phosphocréatine permet également la synthèse de l'ATP. **(BLANCHET, 2010)**

Lorsque la phosphocréatine est épuisée, la glycolyse anaérobie prend le relais. Cette voie métabolique induit la production de lactate et son accumulation. **(BLANCHET, 2010)**

La diminution de pH alors engendrée inactive les enzymes, conduisant alors à l'arrêt de la glycolyse et l'épuisement des réserves d'ATP du muscle. Cet épuisement définit l'étape de rigor mortis. Cependant, comme cet épuisement n'a pas lieu simultanément dans toutes les fibres. L'état de rigor ne s'installe pas partout au même moment provoquant ainsi des contractions au sein du muscle. La rigidité apparaît quant à elle progressivement (Jeacocke 1984). Elle devient maximale lorsque le pH atteint une valeur voisine de 6. **(BLANCHET, 2010)**

L'ensemble des réactions d'hydrolyse et de resynthèse de l'A.T.P se traduit par la libération d'un proton par molécule de lactate formée, donc un abaissement du pH musculaire. Ce dernier évolue, chez des animaux bien nourris et bien reposés avant l'abattage, jusqu'à une valeur d'environ 5,4 à 5,7 variables selon les muscles et les espèces. (MONIN In **DUMONT et al., 1982**)

En conclusion, l'apport d'O₂ cesse suite à l'interruption de la circulation sanguine. Dans ces conditions anaérobiques, le muscle consomme ses réserves d'E, c'est-à-dire utilise la phosphocréatine(PC), l'ATP et même l'ADP. **(BADOUD et al., 2010)**

La diminution du pH résultant de la glycolyse anaérobie inhibe les ATP ases sarcoplasmiques (pompes à Ca²⁺ maintenant le gradient de Ca²⁺) provoquant ainsi une fuite de Ca²⁺ dans le réticulum. **(COIBION, 2008)**

II. 2. 2. 3. Evolution des caractéristiques physicochimiques du muscle pendant l'installation de la rigidité cadavérique

Nous avons déjà noté que la modification la plus directement perceptible dans le muscle *post mortem* est un raidissement accompagné lorsque les conditions le permettent d'un raccourcissement. Il résulte de ces deux phénomènes un accroissement considérable de la dureté du muscle, d'autant plus prononcé que le raccourcissement est important, du moins dans certaines limites. Toute pratique favorisant la contraction pendant l'entrée en *rigor* (par exemple une

réfrigération trop rapide engendrant la contracture au froid) aura ainsi des répercussions défavorables sur la tendreté. (MONIN In **DUMONT et al., 1982**).

L'acidification amène une diminution de la capacité du muscle à retenir son eau. En effet le pH rapprochant du point isoélectrique moyen des protéines myofibrillaires (de l'ordre de 5,0) la charge nette de celles-ci s'abaisse et le réseau myofibrillaire se resserre, diminuant l'espace disponible pour les molécules d'eau (Hamm, 1960). A ce mécanisme s'ajouterait la fixation d'une fraction des ions divalents Ca^{2+} et Mg^{2+} sur les protéines, masquant une partie des charges. Enfin dans le cas de chute très rapide du pH on observe une dénaturation des protéines myofibrillaires contribuant également à l'abaissement du pouvoir de rétention d'eau (Goutefogea, 1971 In **DUMONT et al., 1982**). Ce dernier atteint sa valeur minimale à la fin de l'établissement de la rigidité cadavérique. (MONIN In **DUMONT et al., 1982**).

La baisse du pH provoque aussi un éclaircissement de la couleur du muscle. Il faut voir là encore essentiellement un effet des modifications du réseau protéique, le resserrement de celui-ci s'oppose à la pénétration de la lumière dans le muscle : la réflexion lumineuse augmente et la surface du muscle paraît plus claire. Dans le cas des viandes exsudatives se superpose une dénaturation partielle du pigment (Marc Loughlin et Goldspink, 1963 In **DUMONT et al., 1982**) et son oxydation en metmyoglobine (Charpentier, 1968 In **DUMONT et al., 1982**).

II. 2. 3. La maturation

La maturation constitue la phase d'évolution post-mortem survenant après l'installation de la rigidité cadavérique. Après cette dernière, le muscle va être progressivement dégradé dans une suite de processus complexes au cours desquels s'élaborent en grande partie les divers facteurs qui conditionnent les qualités organoleptiques de la viande et en particulier la tendreté. (**COIBION, 2008**)

Durant la maturation, l'attendrissage est dû à des modifications des myofibrilles et du cytosquelette. Compte tenu de l'épuisement des réserves énergétiques du muscle dans les instants suivant la mort, il ne va plus subsister que des phénomènes hydrolytiques qui vont tendre à désorganiser progressivement les différentes structures du muscle. (**COIBION, 2008**)

La disparition des réserves énergétiques du muscle et l'acidification du milieu placent les différentes fractions protéiques dans des conditions favorables à leur dénaturation. (**COIBION, 2008**)

La dénaturation des protéines peut se traduire, entre autre, par des changements de conformation provoquant des démasquages de groupes, des modifications de propriétés de solubilité

et une augmentation de la sensibilité aux enzymes protéolytiques. (**COIBION, 2008**)

Après la rigidité cadavérique : le muscle commence à subir des réactions chimiques de dégradation de ses molécules.

L'actine et la myosine, protéines responsables de la contraction du muscle, se décrochent l'une de l'autre. Le muscle se relâche. (**COUVEZ et al., 2005**)

A la fin de la période de maturation, la viande est dite « rassie »: elle est prête à être consommée. Son pH se situe généralement entre 5,5 et 5,7 à ce stade. (**COUVEZ et al., 2005**)

La maturation se fait en chambre froide. Elle peut se faire en carcasse entière, en quartiers (pièces de carcasse), en muscles entiers. (**COUVEZ et al., 2005**)

La durée de la maturation varie d'une espèce à l'autre. (**COUVEZ et al., 2005**)

C'est durant la phase de transformation, ou maturation du muscle, que la viande commence à s'attendrir. Elle correspond à l'étape la plus importante car elle conduit à une augmentation de la tendreté de la viande. Ce processus de maturation est le résultat principalement de mécanismes enzymatiques qui conduisent à la dégradation partielle (protéolyse ménagée) des constituants myofibrillaires et donc à leur fragilisation structurale. (**BLANCHET, 2010**)

Plusieurs systèmes enzymatiques semblent impliqués, au niveau du tissu musculaire, et agissent conjointement sur la maturation. Parmi les différents systèmes évoqués figurent les cathepsines lysosomales, le couple calpaines/calpastatines, les protéases à sérine, les matrixines, le protéasome, et les caspases, dont l'implication dans le processus de maturation post-mortem du muscle en viande a été mise en évidence, l'activité de ces systèmes enzymatiques dépend de la température ainsi que de la vitesse et de l'amplitude de la chute du pH. (**BLANCHET, 2010**)

II. 2. 3. 1. Transformations physiques

Progressivement l'aspect plissé de certaines fibres apparu lors de la rigor, s'estompe. La fibre devient fragile, la structure de la membrane est très altérée (Reed et al. 1966 In **DUMONT et al., 1982**), le sarcoplasme présente un aspect granuleux et les striations peuvent disparaître (Harrisson et al. 1949 In **DUMONT et al., 1982**).

Au niveau de l'ultrastructure, la microscopie électronique permet de détecter des altérations profondes, des ruptures des stries Z, un allongement des sarcomères sans pour autant que les bandes « I » s'élargissent, sans apparition des zones H visibles lorsque le muscle est en état de relaxation.

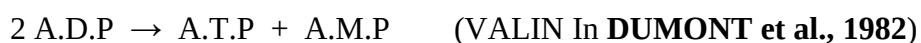
L'altération de la strie Z se produit semble-t-il surtout en début de maturation et ne paraît pas reliée à l'augmentation de la fragilité de la structure myofibrillaire mise en évidence par des

ruptures de myofilaments à la jonction de la strie Z avec la bande I. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**).

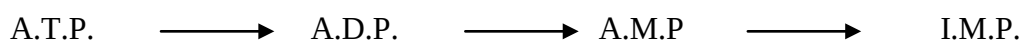
II.2. 3. 2. Biochimie de la maturation

◇ Catabolisme des nucléotides et du glycogène :

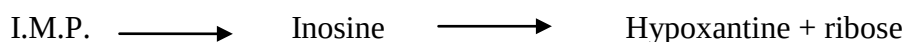
La cinétique de l'hydrolyse de l'A.T.P a défini les modalités d'installation de la rigor. A cette hydrolyse correspond l'apparition d'I.M.P par désamination de l'A.M.P formé au cours de la réaction catalysée par la myokinase :



L'I.M.P. serait le produit final de la chaîne de réaction :



L'I.M.P. n'est pas le terme ultime de dégradation des nucléotides ; il est lui-même déphosphorylé, il apparaît de l'inosine qui, progressivement, se scinde en hypoxanthine et en ribose libre. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)



Selon Howard et al. (1960) l'accumulation d'hypoxanthine est un bon indice de l'état de maturation. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

Le catabolisme des nucléotides s'accompagne donc d'une libération de NH_3 et de phosphore inorganique dont le taux post mortem augmente de 1,5 à 2 fois. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

Le catabolisme du glycogène se poursuit bien après l'arrêt de la glycolyse, selon une chaîne de réaction du type (Sharp 1957) :



Ce processus hydrolytique s'installerait dès les premiers instants suivant la mort, il se maintient tant qu'il reste du glycogène. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

◇ Evolution des protéines :

La disparition des réserves énergétiques du muscle et l'acidification du milieu placent les différentes fractions protéiques dans des conditions favorables à leur dénaturation. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**).

La dénaturation des protéines peut se traduire, entre autre, par des changements de conformation provoquant des démasquages de groupe, des modifications de propriétés de solubilité

et une augmentation de la sensibilité aux enzymes protéolytiques. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**).

- Les protéines sarcoplasmiques :

Une évolution marquée des propriétés de solubilité des protéines musculaires en cours de maturation a été enregistrée. Cependant compte tenu des valeurs atteintes par le pH ultime lors de l'installation de la rigor mortis, les protéines sarcoplasmiques peuvent influencer considérablement sur la solubilité globale et sur celle des protéines myofibrillaires. En effet les protéines sarcoplasmiques sont très sensibles au couple pH – température lors de l'installation de la rigor mortis (diminution de la solubilité si : des températures élevées associées à des pH bas). (Charpentier, 1969 In **DUMONT et al., 1982**).

Parmi les protéines sarcoplasmiques la myoglobine, pigment de la viande, subit une dénaturation progressive en cours de maturation qui se traduit par une augmentation significative de sa vitesse d'autoxydation (Valin et Sornay, 1975 In **DUMONT et al., 1982**), phénomène qui fut aussi observé dans le cas de la conservation à l'état congelé (Brown et Dolev, 1963 In **DUMONT et al., 1982**).

La dénaturation plus ou moins accentuée subie par ces fractions protéiques post mortem devrait constituer un facteur favorable au développement d'une activité protéolytique à leur niveau.

Dans le muscle la majeure partie de l'activité protéolytique est due aux cathepsines lysosomales des cellules phagocytaires et de la cellule musculaire (Tappel, 1965), enzymes dont la libération post mortem est pour certaines limitée dans le muscle en l'état (Valin, 1970), ce qui soustrait ces enzymes à leurs substrats. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

Parmi les enzymes il y a le C.A.F. « Calcium Activated Factor » isolé par Busch et al., (1972) qui paraît devoir jouer un rôle important dans l'évolution de la structure myofibrillaire en cours de maturation. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

- Les protéines myofibrillaires :

Il résulterait de l'ensemble de ces modifications une fragilisation progressive de la structure myofibrillaire, contemporaine de l'augmentation de la tendreté en cours de maturation. (Moeller et al. 1973 In **DUMONT et al., 1982**)

La vitesse d'attendrissage de la viande en cours de maturation est étroitement liée à la température de conservation, ce qui signifie l'existence d'un mécanisme de nature enzymatique. La fragilisation myofibrillaire résulterait de modifications intervenant au niveau des filaments fins telle la protéolyse de la troponine T qui tend à entraîner une diminution de la force de liaison de ces

filaments (troponine T) à la strie Z dont le C.A.F. paraît être le premier responsable. (Penny, 1974 In **DUMONT et al., 1982**)

- Les protéines de tissu conjonctif :

L'étude de l'évolution post mortem du collagène, composé majeur du tissu conjonctif, n'a jamais révélé de transformations comparables par leur ampleur à celles qui affectent la structure myofibrillaire. Il semble donc que la maturation puisse introduire des modifications discrètes dans la structure du collagène. Les résultats de Kruggel et Field (1971) et de Pfeiffer et al. (1972), mettent en évidence une légère dépolymérisation du collagène intramusculaire lors de conservation.

Pour conclure, on peut avancer que d'une façon générale la structure du collagène et les propriétés mécaniques du tissu conjonctif sont peu affectées lors de la maturation de la viande. (**DUMONT et al., 1982**)

Donc en résumé, la viande subit une maturation qu'il convient de savoir apprécier. Si la maturation n'est pas suffisante, la viande reste ferme. Si la température est trop prolongée, la viande devient très friable, mais perd beaucoup de ses qualités organoleptiques. Il faut donc choisir un juste milieu, celui qui concilie à la fois la tendreté et les qualités gustatives. (**DUMONT et al., 1982**)

En été, la maturation est plus rapide qu'en hivers. La pratique actuelle de placer les carcasses dans une chambre froide dans les heures qui suivent l'abattage a pour avantage de prolonger et de régulariser la maturation. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

La maturation est le fait d'une activité enzymatique qui réalise une autolyse tissulaire au mécanisme complexe, le phénomène restant microbien dû essentiellement aux ferments cellulaires qui sont les cathepsines, elles modifient les caractères organoleptiques qui sont la tendreté, jutosité et la flaveur, alors que les modifications de couleur sont sous la dépendance de phénomènes physicochimiques. (VALIN In **DUMONT et al., 1982**)

II. 2. 4. Définition de la viande

Selon le journal officiel N°65 de la république algérienne du 17 Jomada Ethania 1417 correspondant au 30 octobre 1996

Arrêté du 29 Safar 1417 correspond au 15 juillet 1996 fixant les caractéristiques et modalités d'apposition des estampilles des viandes de boucherie

Article 3 :

On entend par viandes de boucherie, toutes les parties des animaux des espèces bovine, ovine, caprine, cameline et équine, reconnues propres à la consommation humaine quelles que soient leurs formes de présentation notamment les viandes découpées, désossées ou non. (**JORA, 1996**)

II. 2. 5. La lipolyse et l'oxydation

II. 2. 5. 1. La lipolyse des gras

Dès les premiers instants qui suivent l'abattage les différents types de gras : gras intra et intermusculaires, gras de dépôt, sont le siège d'une réaction d'hydrolyse, dont la cinétique est dictée par la température et le mode de stockage. D'origine enzymatique, cette réaction conduit à la formation d'acides gras libres. Elle s'effectue soit sous l'action de lipases endogènes ou sous celle de lipases bactériennes, soit sous l'action simultanée de ces deux agents. Quelle que soit l'origine il convient de constater que cette réaction revêt une double importance, tout d'abord sur le plan quantitatif par les quantités d'acides gras libérés, ensuite sur le plan qualitatif par le rôle considéré comme primordial que jouent ces composants sur la flaveur de la viande et sur celle des produits carnés. (J.P.GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

En cours de stockage à + 2 ° C des moisissures peuvent se développer à la surface des corps gras animaux. La grande majorité de ces moisissures sont également douées de pouvoir lipolytique.

Les levures qui, dans certains cas, se trouvent en nombre important dans les produits carnés possèdent en général un pouvoir lipolytique plus ou moins important. (J.P.GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

L'étude de l'action des lipases endogènes sur les tissus adipeux après l'abattage et sur le gras intramusculaire en cours de maturation de la viande est loin d'avoir reçu la même attention que celle portée à l'étude des lipases d'origine bactérienne. (J.P.GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

La lipolyse constitue le premier stade de la dégradation des lipides animaux, par la suite des réactions d'origine oxydative se superposent à la réaction d'hydrolyse et conduisent à la formation de composés divers qui altèrent la flaveur d'origine de la viande. (J.P.GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

II. 2. 5.2 L'oxydation des gras

Ce deuxième stade entraîne rapidement la détérioration des qualités organoleptiques des produits carnés pouvant conduire à l'extrême à une odeur rance les rendant inappétents voire même inconsommables. Les peroxydes sont les composés qui apparaissent dans tous les premiers stades de la dégradation oxydative des lipides, donc il convient à ce titre de souligner l'intérêt de peroxyde sur les autres tests. (J.P.GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

◇ En cours de maturation :

Au cours de cette phase, ces réactions biochimiques importantes se déroulent (dégradation des nucléotides, formation d'acide lactique, protéolyse, lipolyse ...). Cependant là encore aucune

réaction analytique ne permet de déceler la présence sensible de composés d'oxydation dans la fraction lipidique du produit cru. Le test à l'acide thiobarbiturique par exemple, n'indique aucune évolution sur de la viande de bœuf maturée à 4 ° C pendant 15 jours. (GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

◇ Les mécanismes de l'oxydation des lipides :

L'oxygène peut se fixer sur les chaînes grasses et provoque leur décomposition. Cette réaction est autocatalysée c'est-à-dire que les produits formés agissent comme catalyseur. Par la suite, après une période de latence dite "période d'induction", elle s'accélère brusquement. (GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

Ces réactions conduisent à la formation d'un hydroperoxyde, ces hydroperoxydes représentent 95 à 98% des peroxydes formés. (GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

Les réactions finales peuvent conduire à la formation de produits oxydés type cétone dont la longueur de la chaîne carbonée est la même que celle de l'acide de départ ; elles peuvent également déboucher sur des produits de poids moléculaire supérieur à ceux des acides de départ. Ce dernier type de composé résulte de la polymérisation de 2 ou plusieurs chaînes oxydées liées entre elles ; soit par des ponts oxygènes soit par des liaisons carbone-carbone. Ces composés sont des associations lipide-lipide ou lipide-protéine. (GIRARD In **DUMONT et al., 1982**).

Nous avons pu constater après destruction des enzymes lipolytiques que la formation de composés d'oxydation s'accompagnait de celle d'acides gras libres. Ce fait tend à prouver que la lipolyse post mortem en plus d'une origine enzymatique peut avoir également une origine oxydative (Loury. In **DUMONT et al., 1982**).

II. 2. 6. Bilan de la transformation du muscle en viande

A la fin de ce processus, le muscle et la viande maigre diffèrent du point de vue biochimique et physico-chimique par :

- La teneur en ATP (très faible dans la viande) ;
- la teneur en glycogène (0,8 % dans le muscle, 0,02 % dans la viande) ;
- la teneur en acide lactique (0,1 % dans le muscle, 0,3 % dans la viande) ;
- le pH (7,0/7,2 dans le muscle, 5,5/5,8 dans la viande bovine). (**ALAIS et al., 2004**)

II. 2. 7. Acquisition des qualités organoleptiques de la viande au cours de la maturation

II. 2. 7. 1. La couleur

A l'origine, la viande maturée a une couleur meilleure que celle de la viande non maturée, bien que celle-ci soit moins stable (LATIER, 1973 In **ROSSET et al., 1989**). La viande maturée fraîchement coupée, et donc soumise à l'oxygénation, est plus claire et plus pourpre que la viande non-maturée. Elle a la même luminosité, une teinte deux fois plus soutenue et une saturation trois fois plus grande. Après une heure d'exposition à l'air, la viande maturée a une teinte rouge considérablement plus saturée et plus intense (MAC DOUGALL, 1970 In **ROSSET et al., 1989**).

Les changements de luminosité de teinte et de saturation, causés par la maturation, donnent à la viande une apparence plus brillante. Il y a formation en surface d'une couche de MbO₂ plus rouge et plus brillante (MAC DOUGALL, 1970 In **ROSSET et al., 1989**). La vitesse de pénétration de l'O₂ augmente au cours de la maturation (MAC DOUGALL, 1970 In **ROSSET et al., 1989**).

En effet, l'activité des enzymes respiratoires de la viande, responsables de la consommation d'O₂ et de la réduction de Metmb, est ralentie dans la viande maturée qui possède une plus grande perméabilité à l'O₂ (BENDALL et TAYLOR, 1972 In **ROSSET et al., 1989**) ; la Metmb formée est réduite à une vitesse plus lente (ATKINSON et FOLLETT, 1973 In **ROSSET et al., 1989**). (**ROSSET et al., 1989**)

II. 2. 7. 2. La flaveur

La flaveur est influencée par les conditions d'abattage et la maturation.

- Conditions d'abattage : exemple : viandes surmenées.
- La maturation : La viande d'un bœuf qui vient d'être abattu ne donne pas, à la cuisson, une flaveur de viande de bœuf mais plutôt une flaveur métallique et astringente. La maturation est nécessaire pour qu'apparaisse la flaveur de viande (DWIVEDI et COLL, HERZ In **ROSSET et al., 1977**). C'est au cours de cette période que se forment les précurseurs de la flaveur.

Deux types de réactions sont à l'origine de leur apparition dans la viande crue :

- dégradation des protéines par les cathepsines : libération d'acides aminés et de NH₃ ;
- dégradation des nucléotides et des nucléosides par les phosphatases, ex : ATP hypoxanthine, inosine, ribose, NH₃. (**ROSSET et al., 1977**)

II. 2. 7. 3. La tendreté

La cuisson d'un muscle en pré-rigor, 1 à 2 heures *post-mortem*, donne un produit généralement tendre ; par contre, au fur et à mesure que la rigor s'installe la dureté augmente

(ASHGAR et PEARSON, 1980 In **ROSSET et al., 1984**), pour atteindre un maximum environ 24 heures *post-mortem* (PENNY, 1980 In **ROSSET et al., 1984**).

La dureté du muscle rigide semble pouvoir être attribuée à la formation des liaisons actine-myosine. Il semble difficile cependant d'établir une relation directe entre tendreté et nombre de liaisons actine-myosine. Vraisemblablement d'autres facteurs interviennent, et notamment la vitesse de la glycolyse et la valeur du pH ultime (CHIZZOLINI, 1978, CURRIE et WOLFE, 1979 In **ROSSET et al., 1984**). L'accélération de la glycolyse entraînerait une augmentation de la dureté de la viande (NALAMURA, 1972, PETERSON et LILYBLADE, 1979 In **ROSSET et al., 1984**).

La vitesse et l'intensité de la glycolyse agissent également par l'intermédiaire du tissu conjonctif. En effet MCCLAIN et COLL, 1970 cités par ASHGAR et PEARSON, 1980, ont montré que la teneur en tissu conjonctif intramusculaire diminue rapidement après l'abattage, cette évolution étant liée à l'abaissement du pH musculaire ; dans ces conditions on note l'importance des conditions d'acidification du muscle. ASHGAR et YEATES, 1978, confirment la diminution, au cours de la maturation, de la teneur en collagène. (**ROSSET et al., 1984**)

II. 2. 7. 4. La jutosité

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 glycogénolyse 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. (**COIBION, 2008**)

GENERALITES

Elle comprend l'ensemble des caractéristiques qui font qu'un aliment est plus ou moins appétissant. Celles-ci, appréciées à l'aide de nos sens, sont soit objectives (mesurables), soit subjectives (liées à des effets psychologiques). D'autre part l'appréciation simultanée par plusieurs sens, ou dissociée, et parfois contradictoire, complique une approche totalement rationnelle de cette qualité. **(I.L. Fraysse, A.Darré)**

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 sensibles.

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 retro-nasale, on parle alors d'arôme. **(COIBION, 2008).**

L'assemblage de tissu musculaire, de tissu conjonctif et de tissu gras qu'est la viande procure au consommateur une impression très différente selon la proportion de chacun de ces tissus.

Cette impression, à la fois visuelle et gustative, peut être décomposée en 4 caractéristiques :

La couleur

La tendreté

La succulence

La saveur.

(SOLTNER, 1979)

III.1. LA COULEUR

La couleur est la qualité d'un corps éclairé par une source 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.

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 hémique : 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.

Tableau III. 1 - Couleur de la viande (TOURAILLE, 1994)

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

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.

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^{3+}).

Le cycle de la couleur de la viande fraîche est représenté par la figure ci-dessous :

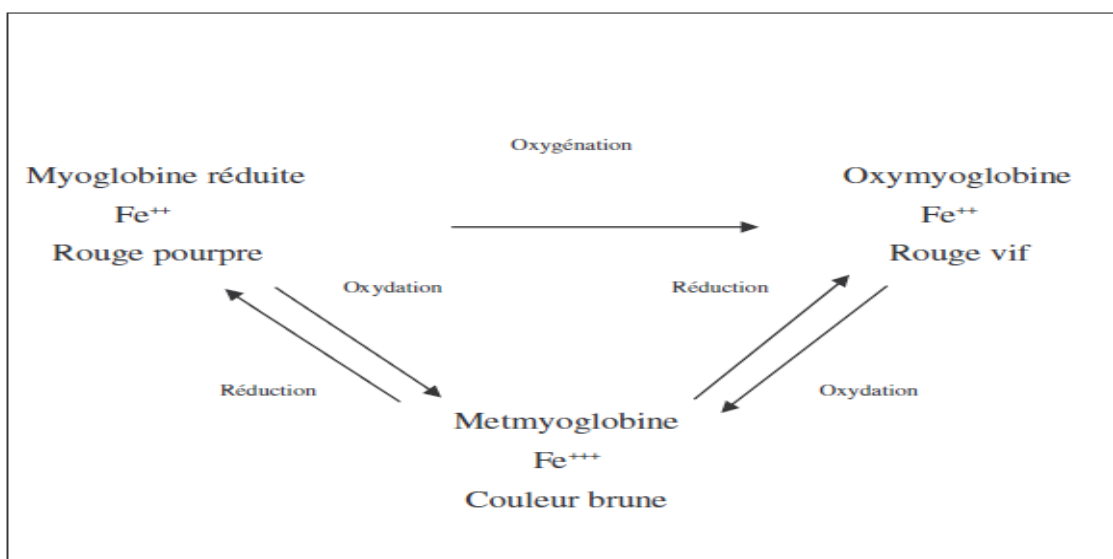


Figure III.1 - Etats d'oxydation du fer hémique (TOURAILLE, 1994)

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

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 et TOURAILLE, 1994, In : **COIBION, 2008**).

III.2. LA TENDRETE: Selon LAMELOISE et al., 1984, In : **COIBION, 2008**

III.2.1. Introduction

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 pour une viande bovine varie avec la température : 8 jours à 6°C, 14 jours à 2°C, 16 jours à 0°C.

III.2.2. 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. (BRENTERCH, et al., 1997, In : **COIBION, 2008**)

III.2.3. Appréciation de la tendreté

La tendreté peut être estimée par de nombreuses méthodes. Ces méthodes se réfèrent à différents paramètres qui caractérisent la tendreté d'une viande, dont les fondamentaux sont :

- le paramètre structurel, c'est-à-dire les composantes de la tendreté
- le paramètre temporel, c'est-à-dire l'évolution de la tendreté au cours du temps
- les paramètres enzymatiques et/ou physico-chimiques, qui interviennent pendant la phase de maturation.

Aujourd'hui, la méthode qui permet d'approcher au plus près l'ensemble des perceptions définissant la tendreté demeure l'analyse sensorielle par un jury de dégustation. Pour cette raison, elle est le plus souvent prise en référence pour le développement de méthodes d'appréciation instrumentales. En général, ces dernières sont basées sur des propriétés biochimiques ou mécaniques du muscle. Cela dit, certaines méthodes émergentes consistent à compiler le maximum de caractéristiques influant sur la tendreté pour estimer le « potentiel de tendreté global » du muscle. (**EV RAT-GEORGEL, 2008**)

III.2.4. Les facteurs de variation de la tendreté.

Il faut noter cependant que l'origine des différences de tendreté observées se situe au niveau de la répartition des caractéristiques et de l'évolution du collagène et des myofibrilles et cela en fonction de deux séries de facteurs :

- des facteurs intrinsèques, liés à l'animal et au morceau considéré,
- des facteurs extrinsèques, liés à la technologie appliquée depuis l'abattage jusqu'à la cuisson, en passant par les conditions de conservation. **(ROSSET et al., 1984)**

III.2.4.1. Facteurs intrinsèques

- *La position du muscle* dans la carcasse conditionne le pourcentage de collagène de la viande. La solubilité du collagène (faible polymérisation) est plus variable. De même, la mesure de la résistance au cisaillement est bien en relation avec la teneur en collagène.
- *Le sexe et l'âge des animaux.* Le pourcentage de collagène reste relativement faible et constant. Chez la femelle entre 6 mois et 2 ans. La viande de génisse est de ce fait tendre. Par contre, chez le taurillon, on note un accroissement du pourcentage de collagène entre 8 et 15 mois (puberté) qui diminue la tendreté.

La polymérisation du collagène augmente avec l'âge, ceci d'autant plus que le muscle en contient beaucoup.

Le type génétique. En France, la viande des animaux de race limousine serait nettement plus tendre que celle des animaux de race charolaise ou normande (Etude de Bocard INRA sur taurillons abattus à 16 mois).

- *Autres facteurs.* Le mode de stabulation libre et l'exercice favorisent, semble-t-il, la polymérisation du collagène et diminueraient donc la tendreté.

L'engraissement favorise la *dilution* du collagène et améliore sensiblement la tendreté. **(I.L. Frayse, A. Darré)**

III.2.4.2. Facteurs extrinsèques

- *Temps de maturation.* La tendreté augmente pendant les 7 à 8 premiers jours de maturation qui devrait donc toujours être supérieure à une semaine.
- *Réfrigération des carcasses.* La réfrigération des carcasses aussitôt après abattage permet de limiter la prolifération microbienne. Cependant, si l'on soumet des muscles à une température inférieure à 10°C alors que leurs réserves d'ATP sont encore importantes et leur pH supérieur à 6, ils se contractent fortement « *Evolution biochimique* ». Cette contracture au froid partiellement irréversible donne des viandes dures.

• *Position des muscles lors de l'installation de la rigor mortis.* L'accrochage traditionnel des carcasses impose à certains muscles des contraintes qui sont préjudiciables à leur tendreté (faux-filet, tende de tranche). Dans la pratique, il est cependant difficile de proposer un accrochage différent. **(I.L. Fraysse, A. Darré)**

III.3. LA JUTOSITE

III.3.1. Définition

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).

III.3.2. Le pouvoir de rétention d'eau

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.

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.

La diminution du pouvoir de rétention d'eau a pour origine principale l'abaissement du pH à la suite de la glycogénolyse anaérobie.

La rétention d'eau minimum au pH isoélectrique s'accroît de part et d'autre pour des pH plus faibles ou plus élevés.

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. (LAMELOISE et al., 1984, In : **COIBION, 2008**).

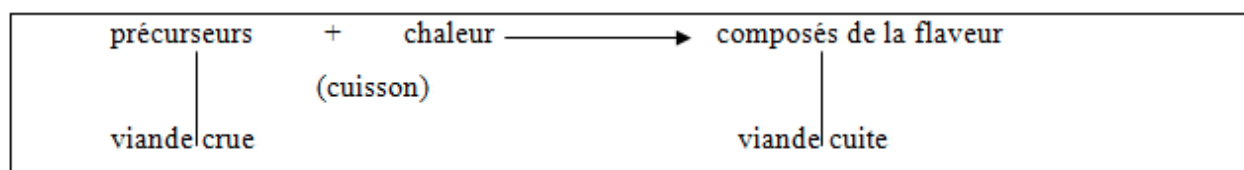
III.4. LA FLAVEUR

III.4.1. Introduction

La flaveur est l'ensemble des propriétés gustatives et olfactives perçues au cours de la dégustation. La flaveur se développe au cours de la cuisson. La viande crue possède une faible odeur, un goût sanguin et une flaveur peu prononcée. Elle contient des précurseurs de la flaveur qui donneront naissance aux composés d'arômes lors de la cuisson par le biais de réactions chimiques complexes (Imafigon et al., 1994 ; Meynier et al., 1994).

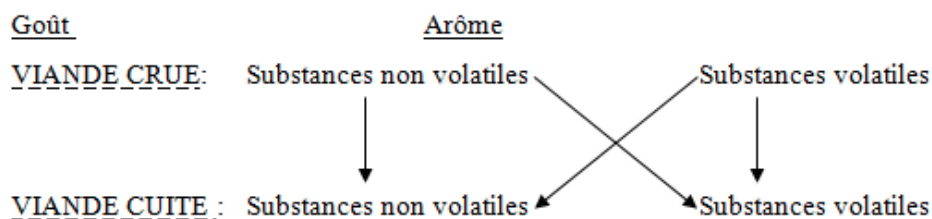
La flaveur de la viande est déterminée par la composition chimique et les changements apportés à cette dernière lors de la cuisson (Monin, 1991). Il a été montré que la flaveur typique de la viande, de toutes espèces confondues, est liée à des composants hydrosolubles alors que les différences observées entre espèces proviennent de la fraction lipidique (Pearson *et al.*, 1994). De nombreux composants aromatiques volatils sont produits lors de la cuisson par dégradation ou oxydation des lipides, dégradation thermique et interactions entre protéines, peptides, acides aminés, sucres et ribonucléotides (MacLeod, 1994).

(IBERRAKEN, MAOUCHE, 2006)



(ROSSET et al., 1977)

LANDMANN et BATZER, ont schématisé les modifications qui prennent place au moment de la cuisson de la manière suivante :



(LANDMANN et BATZER, 1966. In : **ROSSET et al., 1977**)

III.4.2. 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. **(COIBION, 2008).**

III.4.3. 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. **(COIBION, 2008).**

III.4.4. Méthodes d'étude des composés de la flaveur et de leurs précurseurs

III.4.4.1. Analyse sensorielle

Cette méthode ne permet de donner que des résultats grossiers et inconstants ; en effet, la sensibilité et l'appréciation des Jurys de dégustateurs varient, d'un Jury à un autre, et dans le temps, pour un même Jury (LE MAGNEN, 1964).

L'utilisation de l'analyse sensorielle est en fait limitée à l'étude des facteurs Influençant la flaveur, celle de ses composés et de ses précurseurs étant réalisée de préférence à l'aide de méthodes chimiques.

III.4.4.2. Méthodes chimiques

Elles permettent d'obtenir des résultats reproductibles dans l'espace (d'un laboratoire à un autre) et dans le temps, et de connaître la nature exacte des composés, même lorsque ceux-ci sont présents à de très faibles concentrations. (ROSSET et al., 1977)

La fraction volatile, ainsi que les composés susceptibles de devenir volatils après méthylation (PATTERSON, 1970) sont analysés, après extraction et distillation (LEA et Coll. 1967) par chromatographie en phase gazeuse. Ils sont identifiés à l'aide d'un détecteur à ionisation flamme ou d'un spectromètre de masse (BARYLKO-PIKIELNA et al., 1974). Toutes ces méthodes doivent avoir une sensibilité suffisante pour mettre en évidence des composés peu abondants (notion de seuil de sensibilité).

Pour les autres composés différentes méthodes d'analyse sont utilisées :

- la chromatographie sur papier, pour les acides aminés (KUZMIN et MILTSYNA, 1969) et les nucléotides (HALL et SPENCER, 1968).
- la chromatographie sur colonne (WATANABE et al., 1972) pour les nucléotides, les nucléosides et les bases ;
- la chromatographie en couche mince sur gel de silice pour les acides aminés, les sucres et les lipides complexes (HARKES et al. 1974).
- l'électrophorèse sur gel, pour les acides aminés et les sucres (ZIPSER et WATTS 1961).

La mesure du rancissement de la fraction lipidique est réalisée grâce au test à l'acide thiobarbiturique, qui permet de déterminer la teneur en malonaldéhyde d'un produit rance (BOWERS, 1972).

III.4.5. Les réactions de formation des composés de la flaveur

III.4.5.1. La réaction de Maillard

Cette réaction intervient lors du chauffage d'un sucre (aldéhyde ou cétone) 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.

III.4.5.2. 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. **(COIBION, 2008).**

III.4.6. Facteurs de variation de la flaveur

Dans une espèce donnée, la flaveur semble peu influencée par la race et le sexe des animaux, à engraissement identique. D'une manière générale, la flaveur de la viande est améliorée par l'âge des animaux dans toutes les espèces. Il faut rappeler que le pourcentage de gras augmente avec l'âge et explique en partie ce phénomène.

L'alimentation peut avoir un effet sur la flaveur.

La maturation (qui concerne essentiellement la viande de bovins) a une action bénéfique sur la flaveur car elle laisse le temps à des dégradations favorables de se produire : formation d'hypoxantine à partir de l'ATP, protéolyse et une certaine lipolyse. Une conservation trop longue a ensuite une action néfaste. L'oxydation des graisses (rancissement) donne à celles-ci un goût désagréable. Cette oxydation est d'autant plus importante que les graisses sont insaturées.

(I.L. Fraysse, A.Darré).

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. **(COIBION, 2008).**

IV.1 CONGÉLATION DE LA VIANDE

IV.1.1 Définition de la congélation

La congélation est l'action de soumettre un produit au froid de façon à provoquer le passage de l'eau qu'il contient à l'état solide et elle a pour but d'augmenter la durée de conservation du produit et pour cela plus de 80 % de l'eau doit être transformée en glace. **(CLAUDE, 2000)**

Pour une conservation de longue durée par le froid il est nécessaire de faire appel la congélation c'est-à-dire au refroidissement de la viande à une température inférieure au point cryoscopique du suc musculaire. C'est à cette température en effet que se forment les premiers cristaux de glace à partir des liquides entrant dans la constitution des tissus. **(DRIEUX, 1962)**

La congélation repose sur un abaissement de la température nettement au dessous de 0°C. (en général vers -18°C). **(GIRARD, 1990)**

Une viande congelée est celle dont la température « à cœur » est inférieure au point de congélation, pratiquement on estime qu'une viande est congelée lorsque la température à cœur est inférieure à -6°C. **(CRAPLET, 1966)**

IV.1.2 Processus de congélation

Aspect thermique et cristallisation de l'eau : se caractérise par le changement d'état de l'eau liquide en glace sous l'action du froid, ou cristallisation de l'eau. (Figure IV.1)

- Stade de pré-congélation : Au cours duquel la température diminue jusqu'à atteindre celle à laquelle commence la cristallisation.
- Stade de congélation proprement dit Pendant lequel la plus grande partie de l'eau congelable se transforme en glace et la température diminue progressivement.

Le stade de la congélation est caractérisé par :

- ❖ *La température de congélation (ou de fusion) commençante ou température cryoscopique (T_c)*. Dans la viande, T_c est proche de -1,5°C. La température à laquelle commencent à se former les premiers germes cristallins, (nuclei), ou point de congélation, est inférieure à T_c.
- ❖ *Le taux de nucléation* qui est le nombre de nuclei formés par unité de temps. Il est d'autant plus élevé que le refroidissement est rapide : pour chaque kelvin de sous-refroidissement, le taux de nucléation est multiplié par 10.

- ❖ *La vitesse de croissance des cristaux*, contrôlée en grande partie par le flux de chaleur évacué de la zone de cristallisation, mais aussi par la cryoconcentration des fluides intra et extracellulaire en cours de congélation qui ralentit progressivement la croissance.
- *Stade de refroidissement* : jusqu'à la température d'entreposage. **(CLAUDE, 2000)**

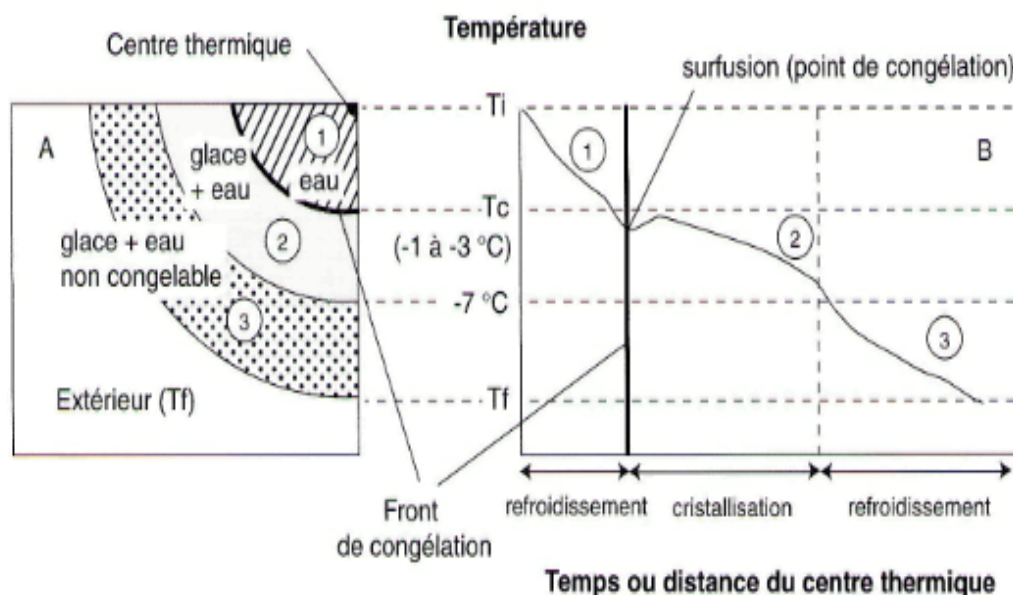


Figure 1 – Les différentes phases de la congélation d'un échantillon. T_i : température initiale ; T_c : température de congélation ; T_f : température finale.

A : État de l'eau dans un produit de forme géométrique simple en cours de congélation. Les trois zones représentées correspondent aux trois étapes de la congélation.

B : Gradient de température au sein de l'échantillon ou évolution au cours du temps de la température en un point de l'échantillon.

1 : phase de pré-congélation (refroidissement du produit jusqu'à la température de congélation ; l'eau est encore à l'état liquide).

2 : phase de congélation ou changement d'état de l'eau en glace ($T \leq T_c$) avec nucléation, puis croissance des cristaux (cristallisation).

3 : refroidissement du produit congelé ; la majeure partie de l'eau congelable est sous forme de glace.

Figure IV.1 - temps ou distance du centre thermique. (CLAUDE, 2000)

La viande à l'état congelée, n'est pas une matière inerte, Elle est la cible de modifications de structure et de réactions biochimiques lors de la congélation proprement dite pendant la conservation à l'état congelée et lors de décongélation. Ces phénomènes, s'ils sont mal maîtrisés,

sont parfois à l'origine de modifications des qualités technologiques et sensorielles des viandes. **(CLAUDE, 2000)**

IV.2. CHANGEMENT DE LA QUALITÉ PHYSICOCHEMIQUE DE LA VIANDE CONGELÉE

IV.2.1. Modifications physiques au cours de congélation

IV.2.1.1. Perte d'eau

Au cours de la congélation un certain pourcentage de l'eau de constitution naturelle reste sous forme liquide. **(MIRONNEAU, 1961)**

- Perte d'eau par évaporation : Au cours d'entreposage la glace située à la périphérie du produit se sublime, entraînant une déshydratation superficielle et irréversible qui affecte l'aspect du produit et favorise les réactions d'oxydation. Cette perte d'eau est favorisée par la ventilation. Elle est d'autant plus importante que la température est élevée car la pression partielle de vapeur d'eau à la surface du produit augmente avec la température. Par exemple MALTON et CUTTING (1974 In **GIRARD, 1990**) ont observé des pertes de 0,15. 0,3. 0,7% par mois pour des températures de stockage respectives de -30°C, -20°C et -10°C sur des pièces de bœuf, de porc et de mouton emballées dans des stockinettes. **(GIRARD, 1990)**

Les pertes en eau par évaporation lors de la congélation représentent généralement de 0,5 à 1,2 % de la masse du produit et peuvent atteindre 5%. Elles dépendent fortement des conditions de congélation. **(CLAUDE, 2000)**

- Perte d'eau par exsudation à la décongélation : l'exsudation est une perte de jus qui se manifeste lors de la décongélation. Elle représente 1 à 5% de la masse initiale du produit. L'exsudation contribue à la perte en certains nutriments et elle constitue également un facteur de risque, car l'exsudat est un milieu particulièrement favorable à la multiplication des micro-organismes. **(CLAUDE, 2000)**

IV.2.1.2. Recristallisation

La modification du nombre, de taille et de la forme des cristaux de glace est appelée recristallisation. Observé depuis longtemps. Celle-ci a été étudiée notamment par BEVILACQUA et ZARISKY (1982 In **GIRARD 1990**) pour la viande de bœuf.

Plusieurs mécanismes ont été proposés pour expliquer le passage des molécules d'eau d'un cristal à un autre. Tous prennent en compte le fait que la tension de vapeur d'eau à la surface des cristaux augmente avec la courbure de cette surface. Ceci entraîne une diffusion de la vapeur d'eau vers les zones de faible courbure et une évolution des cristaux vers des formes sensiblement sphériques. De même, les petits cristaux disparaissent au profit des plus gros. Ces phénomènes sont d'autant plus rapides que la température est élevée. (**GIRARD, 1990**)

L'hétérogénéité de la température dans le produit est due aux fluctuations de la température ambiante et elle est une autre cause de cristallisation. En effet un gradient de tension de vapeur de même sens et par conséquent une diffusion des molécules d'eau des régions les plus chaudes vers les plus froides. (**GIRARD, 1990**)

IV.2.1.3.Modification de texture

La congélation entraîne inéluctablement, par le biais de la cristallisation de l'eau, des altérations structurales importantes et inévitables. En fait, les pratiques modernes de congélation rapide tendent à réduire considérablement ces dommages. L'augmentation de la vitesse de cristallisation favorise la formation de petits cristaux et tend à réduire le temps de passage dans la zone de cristallisation commençante, zone pour laquelle les protéines subissent des dénaturations importantes. La congélation décongélation entraîne la perte des effets capacitifs, ce qui se traduit par une certaine altération des membranes qui peuvent avoir au moins deux origines : une origine mécanique liée à la taille et à la localisation des cristaux et une origine biochimique peut être envisagée que l'on pourrait relier à la forte variation de force ionique du milieu non congelé. (Fennema, 1973, In **ROSSET et al., 1982**)

Les modifications de la texture de la viande liée à la congélation sont analysées essentiellement au regard des modifications des protéines qui sous-tendent. La congélation précoce des carcasses ou des muscles désossés à chaud, avant l'établissement de la rigidité cadavérique, peut être à l'origine de contractions irréversibles pendant le refroidissement (cryochoc ou raccourcissement par le froid) ou lors de la décongélation (rigidité de décongélation) (Valin, 1982. Lawrie, 1991., In **CLAUDE 2000**). La rigidité de la décongélation peut se traduire par un raccourcissement très marqué du muscle excisé, un durcissement important de la viande, une diminution du pouvoir de rétention d'eau, une solubilité et un pouvoir liants des protéines. (**CLAUDE, 2000**)

Les cristaux de glace déforment les fibres musculaires. Et créent des espaces irréguliers entre et au sein des fibres, d'autant plus que les cristaux sont de grande taille. La vitesse de congélation pourrait ainsi influencer sur les détériorations cellulaires et sur la quantité d'exsudat drainé lors de la congélation. Quelques études sur l'effet de la congélation sur l'ultra structure du tissu musculaire font apparaître de grandes distorsions de structures cellulaires des muscles congelés quelle que soit la vitesse de congélation. Néanmoins, les modifications de l'ultra structure après décongélation semblent très limitées, à moins de cycles de congélation /décongélation ou à une température de conservation relativement élevée et instable. **(CLAUDE, 2000)**

IV.2.2. Modification chimique au cours de la congélation : réaction chimique et enzymatique dans les milieux congelés.

IV.2.2.1. Impact prépondérant des dégradations des lipides

Oxydation des lipides : ▪ Oxydation des phospholipides musculaires

▪ Oxydation des triglycérides

▪ Oxydation du cholestérol

Résultat d'oxydation des lipides : formation de produits de dégradation, certains d'entre eux participe à la modification du profil aromatique des viandes congelées. En plus de ses conséquences néfastes sur la flaveur, l'oxydation des lipides participe à la détérioration de la texture, des propriétés fonctionnelles et des qualités nutritionnelles de la viande au cours de sa conservation à l'état congelé par le biais d'oxydation couplées des protéines et des vitamines liposoluble. (Figure IV.2). **(CLAUDE, 2000)**

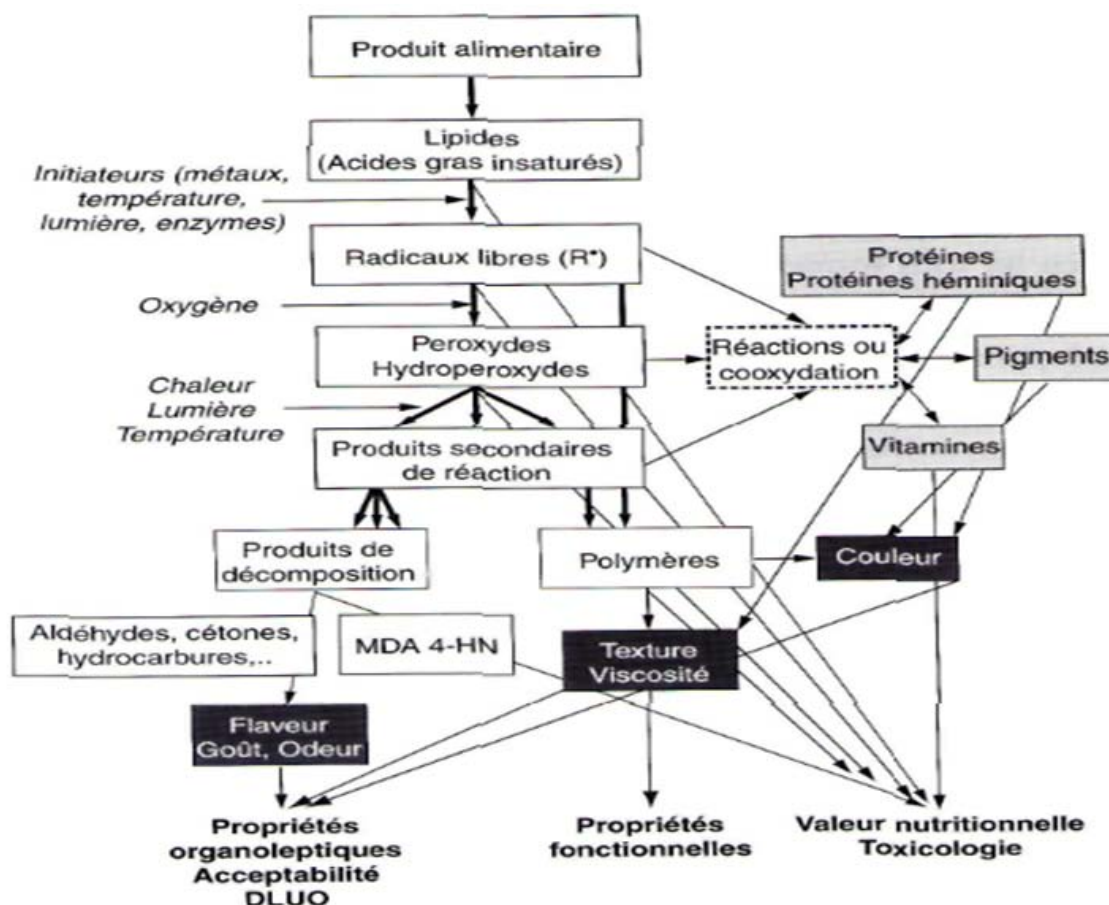


Figure IV.2- Effets de l'oxydation des lipides sur la qualité des aliments. (CLAUDE, 2000)

IV.2.2.2. Dénaturation des protéines lors de la congélation et diminution du pouvoir de rétention d'eau

La cryoconcentration des solutés en cours de congélation peut entraîner des modifications de la structure des protéines musculaires et leur propriété : pouvoir de rétention d'eau, solubilité et activité enzymatique, et par voie de conséquence, contribuer à modifier la qualité de viande : jutosité, texture. (CLAUDE, 2000)

La dénaturation des protéines des muscles congelés est incomplètement comprise, et leur impact réel sur la qualité de la viande est mal établi !

A -20°C : il reste 10% d'eau à l'état liquide : la concentration en solutés a donc été multipliée par 10, dans ces conditions, les structures secondaires et tertiaires des protéines sensibles à une force ionique élevée peuvent être modifiées : changement réversible ou irréversible dans la conformation de protéine (dénaturation).

- o Des agrégats protéines-protéines : due à l'hydrophobie de surface.
- o Pontage des protéines entre elle ou avec d'autres composés sont favorisés du fait des concentrations accrues des constituants.

Ces changements se traduisent par :

- o La diminution de solubilité des protéines myofibrillaires qui peut atteindre 50%. (Miller et al, 1980 In **CLAUDE, 2000**)
- o L'augmentation de solubilité des protéines totales et protéines myofibrillaires a été parfois observé. (Farouk et Swann, 1998, In **CLAUDE, 2000**)
- o Les protéines sarcoplasmiques et membranaires sont également sujettes à la dénaturation. En ce qui concerne les activités enzymatiques, les situations rencontrés sont diverses. Certaines enzymes comme l'ATPase sarcoplasmiques, l'aldolase et différentes déshydrogénases voient leur activité diminuer progressivement au cours du stockage à l'état congelé. D'autres enzymes, parmi lesquelles celles provenant des micro-organismes contaminants, peuvent continuer à agir dans la viande à l'état congelé même aux environs de - 30°C, et ainsi contribuer à des altérations de la qualité (Lawrie, 1991, In **CLAUDE 2000**). En particulier, protéases, lipases et peroxydases gardent une activité. (Sahagian, 1996, In **CLAUDE, 2000**). L'activité des protéases se traduit par une fragmentation lente des protéines myofibrillaires et l'augmentation des quantités de peptides et acides aminés libres. (**CLAUDE, 2000**)

IV.2.2.3. pH musculaire

pH ultime élevé, le pouvoir de rétention d'eau de la viande est accru et le potentiel de la viande à exsuder lors de la décongélation réduit. (**COLLIN, 1972**)

IV.3. CHANGEMENT DE LA QUALITÉ ORGANOLEPTIQUE DE LA VIANDE CONGELÉE

IV.3.1. Effet de la congélation sur la tendreté et la jutosité de la viande

III.3.1.1. Congélation et tendreté de la viande

La littérature est riche de résultats, malheureusement contradictoires concernant l'incidence du stockage sur la tendreté de la viande évalué après cuisson. Les différents travaux compilés par BERRY (1983 In **GIRARD, 1990**) révèlent dans certains cas une dégradation de cette qualité au cours du stockage. Ceci pourrait s'expliquer par une dénaturation progressive des protéines myofibrillaires et par une augmentation de l'insolubilité du collagène (VALIN et al ; 1971 In **GIRARD, 1990**) dans d'autres cas la tendreté ne semble pas affectée par l'entreposage. En réalité, la tendreté initiale du produit est certainement prépondérante par rapport aux paramètres technologiques. (**GIRARD, 1990**)

La congélation a généralement un effet peu marqué sur la tendreté de la viande. Les effets observés, généralement modestes, dépendent des caractéristiques du produit avant sa congélation (état de maturation du muscle, état de division,...) et dans moindre mesure des conditions de congélation. (**CLAUDE, 2000**)

IV.3.1.2. Congélation et jutosité de la viande

L'examen de la littérature ne fait pas apparaître d'effet très marqué de la congélation sur la jutosité de la viande. Tantôt la jutosité diminue avec la durée de congélation, tantôt elle augmente légèrement. Ces effets sont dans tous les cas très faible voir non significatifs. (**CLAUDE, 2000**)

IV.3.2. Effet de la congélation sur la couleur et la flaveur de la viande

IV.3.2.1. Congélation et couleur de la viande

Lorsque les cristaux sont petits, il y a une moindre pénétration de la lumière incidente à la réflexion et à la réfraction des « interfaces » entre les cristaux et le milieu ambiant et au delà il y a un groupage des fibres caractéristiques du muscle congelé lentement. (**MIRONNEAU, 1961**)

Le brunissement de la viande au cours de sa conservation est du à l'oxydation de la myoglobine oxygénée ou oxymyoglobine (Mb O₂) rouge vif qui se transforme au cours de la

conservation en myoglobine oxydée ou metmyoglobine (Met Mb) de couleur brune. (**CLAUDE, 2000**)

L'oxydation de la myoglobine en metmyoglobine doit être évitée car elle confère aux viandes rouges une couleur brune, principal motif de rejet de la part du consommateur. La température influence de façon prépondérante la vitesse d'oxydation. Elle est à son maximum vers -20°C puis diminue ensuite avec la température; dans la zone -5°C -15°C elle est 4 à 5 fois plus élevée qu'à -18°C . (ZACHARIAH et al., 1973, BROWN et al., 1963 In **GIRARD, 1990**)

La lumière entraîne une photo-oxydation de la myoglobine qui réduit la durée de conservation. Celle-ci est par exemple supérieure à 90 jours pour du bœuf entreposé à -18°C à l'obscurité. Mais seulement 10 jours sous un éclairage de 100 lux. (LENTZ, 1979 In **GIRARD, 1990**)

Il existe de grande différence de sensibilité selon les types de viandes. En particulier, la myoglobine de bovin adulte résiste mieux à la congélation que celle des taurillons. Pour ces derniers. La détérioration rapide de la couleur constitue le facteur limitant de la durée de conservation. (VALIN et al., 1974, In **GIRARD 1990**)

IV.3.2.2. Congélation et flaveur de la viande

L'altération de la flaveur de la viande au cours de sa conservation à l'état congelé résulte de la persistante de réaction chimique et enzymatique dans la viande congelée, qui conduisent à l'apparition de produits de dégradation ; en particulier de produit d'oxydation des lipides (activité de lipase et phosphatase). Cette hydrolyse est cependant rapide en début de conservation qu'ultérieurement. (Hernandez et al, 1999 In **CLAUDE, 2000**)

Au cours de l'entreposage, l'activité de la phosphatase, n'est pas totalement inhibée. On observe par conséquent un abaissement régulier de la teneur en nucléotides acido-solubles, en particulier de l'acide inosinique dont le rôle d'exhausteur de la flaveur est bien connu. (VALIN et al., 1974 In **CLAUDE 2000**).

La lipolyse est une réaction enzymatique qui hydrolyse d'une part les glycérides et d'autre part les phospholipides pour donner des acides gras libres. Cette réaction s'effectue sous l'action de lipase endogène mais aussi sous l'action de lipase microbienne. Si ces derniers ont été produits antérieurement à la congélation, elles sont susceptibles d'agir pendant l'entreposage. La cinétique

de réaction de la lipolyse que l'on détermine en dosant les acides gras libres suit une loi logarithmique en fonction du temps. (GIRARD et BUCHARLES, 1985 In **GIRARD, 1990**)

La vitesse de réaction à -10°C est 15 à 25 fois plus grande qu'à -20°C , température à laquelle elle est toujours mesurable. (GIRARD et al, 1973 In, **GIRARD, 1990**)

L'oxydation des acides gras libres est une réaction auto catalytique les premier produits formés sont des composés radicalaires, puis hydro peroxydes et peroxydes qui catalyse la réaction. Parmi les très nombreux composés finaux les molécules de faible poids moléculaire comme les aldéhydes et cétones confèrent au produit une flaveur particulièrement désagréable. **L'indice d'acide thiobarbiturique (TBA)** bien que ne donnant pas la relation exacte entre la qualité des produits d'oxydation et l'altération du gout permet d'apprécier assez bien la dégradation de la flaveur telle que jugée par un jury de dégustateur. Par la suite d'autres composés ayant un poids moléculaire supérieur à ceux des acides gras libres de départ peuvent se former comme la lipolyse, l'oxydation est fortement ralentie l'abaissement de la température mais toujours présente à -20°C .

L'attaque directe par l'oxygène est le mécanisme principal de l'oxydation ; aussi, par le biais de la réduction de la pression partielle d'oxygène dans l'emballage, le conditionnement sous-vide associe à la congélation retard considérablement l'altération de la flaveur. (**GIRARD, 2000**)

La dégradation des lipides affecte essentiellement les acides gras insaturés. La teneur en matière grasse et sa composition sont donc déterminantes ; par ordre croissant de sensibilité à ces réactions. On trouve le bœuf, l'agneau, le porc, la volaille et le poisson. (**GIRARD, 2000**)

V.1 ABVT ou TVBN (Total Volatil Basic Nitrogen) :

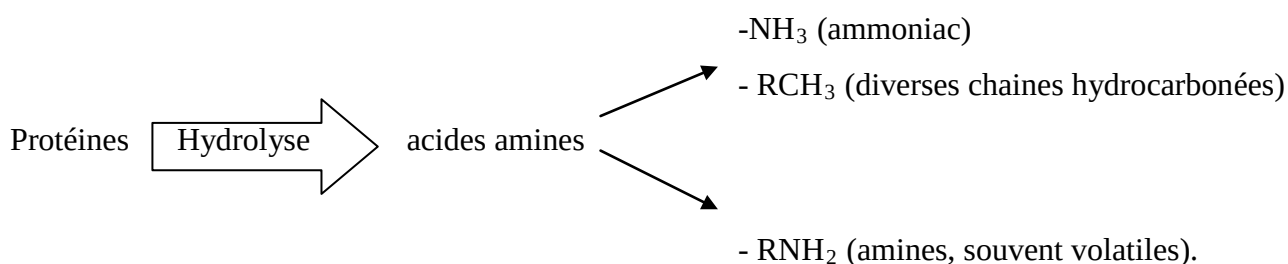
L'ABVT ou TVBN (Total Volatil Basic Nitrogen) : est un des critères utilisés pour évaluer l'altération des produits de la mer. Il résulte majoritairement de la dégradation des protéines par l'action de bactéries ou d'enzymes présentes dans le poisson.

Mesure en relation avec la fraîcheur de la denrée. Le taux d'ABVT est calculé par 100 g de produit : viandes, charcuteries dégraissées, poissons, crustacés, etc. Il représente l'ammoniac, les amines volatiles et la triméthylamine. Donc il dépend de la dégradation des protéines.

Formation de l'ABVT :

L'ABVT est principalement constitué par l'ammoniac (NH_3), la diméthylamine (DMA) et la triméthylamine (TMA) et d'autres amines (RNH_2) de faible poids moléculaire (donc volatiles).

Ces composés ont en commun deux caractéristiques : la basicité faible et la volatilité.



(Ifremer – Octobre 2008 -)

V.2 pH:

LE **pH** EST LE LOG NÉGATIF DE LA CONCENTRATION EN IONS HYDROGÈNE

En 1909, Sorensen a introduit la dénomination de **pH**, qu'il définit comme la valeur négative du logarithme de la concentration en ions hydrogène :

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

(MURRAY et al., 2011)

v.3. Indice TBA:

Les phénomènes d'oxydation sont majoritairement responsables de la détérioration de la qualité de la viande en cours de conservation. Cela affecte aussi bien la myoglobine que les lipides musculaires.

Afin d'apprécier l'évolution de l'oxydation des graisses au cours de la conservation, il faut s'intéresser au MDA (Malonaldéhyde) qui est le composé le plus connu formé lors de la peroxydation des lipides.

L'objectif de ce travail consiste donc à mettre au point le dosage du TBA RS afin d'évaluer la peroxydation des lipides par dosage des substances réagissant avec l'acide thiobarbiturique (TBA RS) dans la viande.

En effet, le MDA et le TBA réagissent ensemble et forment un pigment absorbant à 532 nm.

(HARDIT , 2008)

PARTIE EXPERIMENTALE

Notre partie expérimentale a été réalisée sur :

◇ Un échantillon (échantillon **Cg1**) de viande bovine acheté de l'abattoir des RUISSEAUX à Alger et congelé dans une chambre froide dans un entrepôt frigorifique privé dont la température était autour $-16 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Un prélèvement (échantillon **Cg1a**) a été réalisé à 6 mois de congélation et un second prélèvement (échantillon **Cg1b**) a été réalisé à 9 mois de congélation.

◇ Un échantillon (échantillon **Cg2**) de viande bovine importée du BRESIL qui a été congelé rapidement par l'azote et achetée au niveau de la même chambre frigorifique. Cette viande avait 16 mois de congélation.

◇ Un échantillon de viande fraîchement hachée (échantillon **Fr**) achetée chez un artisan bouché.

I. Introduction des techniques :

◇ Le pH : c'est une méthode qui s'applique aux produits pouvant être homogénéisés et aux mesurages non destructifs effectués sur la carcasse, les quartiers et les muscles. (**IANOR NA1128, 2007**).

◇ L'ABVT : teneur en azote basique volatile total des viandes et des produits à base de viande : Quantité d'azote correspondant à l'ammoniac produit et déterminée dans des conditions spécifiées. . (**IANOR NA 646, 2007**).

◇ Indice TBA : Le Malonaldéhyde (MDA) est un des produits terminaux de l'oxydation des acides gras polyinsaturés, est utilisé comme indicateur dans l'inspection des aliments. (**Journal of Agriculture and Food Chemistry, 37, 1309–1313.**)

II. Matériel et méthodes:

- Appareil de distillation selon Kjeldahl de type Buchi K-314. (CACQE)
- Mixeur /Hachoir à viande.
- Verreries de laboratoire.
- Autre matériel : Balance, râpe, glacière, agitateur, bain marie, filtre standard à plat , papier Joseph.
- spectrophotomètre (laboratoire biochimie ENSV d'Alger)
- pH-mètre HANNA pH 210(instruments microprocessor pH-meter), Electrode en verre,

Electrode de référence. (CACQE)

- Les réactifs pour l'**ABVT et pH**:

- Magnésium oxyde,
- Acide borique-solution aqueuse à 2%,
- Indicateur coloré "rouge de méthyle",
- Acide sulfurique –Solution 0,1 N–
- eau distillée pour la préparation des solutions.

- Les réactifs pour l'indice **TBA** :

- Acide thiochloroacétique,
- Alcool absolu,
- anti-oxydant :butylhydroxyanisole (BHA)
- Thiobarbiturique (TBA)
- eau distillée pour la préparation des solutions.

III. Lieu de réalisation des analyses :

◇ **ABVT et pH** : Centre Algérien du contrôle de la qualité et l'emballage (CACQE) d'Alger.

◇ **TBA** : Laboratoire de biochimie (ENSV-Alger).

IV .Méthode :

IV. 1. ABVT :

a. Principe :

(MANUEL DE CONTROLE DE LA QUALITE ALIMENTAIRE, 1976)

L'échantillon est distillé en présence d'oxyde de magnésium dans des conditions précises, et les bases volatiles sont recueillies dans une solution d'acide borique.

Le borate formé est titré par une solution normalisée d'acide sulfurique.

b. Protocole :

(MANUEL DE CONTROLE DE LA QUALITE ALIMENTAIRE, 1976)

A) Peser ($10 \pm 0,01$) g de chaque échantillon (Cg1a, Cg1b, Cg2, Fr)

3 essais pour chaque échantillon.

B) Emietter avec 100 ml d'eau, homogénéiser durant une minute.



Figure 1- Homogénéisation

C) Verser cet homogénéisât dans le ballon à distiller et rincer le bol avec 70 ml d'eau :

(En fonction du matériel de distillation disponible il sera possible de faire varier le volume initial de 100 ml ainsi que le volume de rinçage de 200 ml).



Figure 2- Homogénéisât dans le ballon à distiller

D) Ajouter 2 g d'oxyde de magnésium .Relier immédiatement le ballon à l'appareil à distiller.

E) Amener à l'ébullition en exactement 10 minutes et distiller exactement 25 minutes en utilisant la même allure de chauffe, dans un erlenmeyer de 250 ml contenant 25 ml d'acide borique à 2% additionné de quelques gouttes d'indicateur coloré.



Figure 3- Indicateur coloré

F) L'extrémité du tube du réfrigérant doit se trouver sous le niveau de la solution d'acide borique.



Figure 4 - Appareil de distillation

G) Stopper enfin la distillation, rincer le réfrigérant à l'eau distillée et titrer le contenu de l'erlenmeyer par H_2SO_4 0,1 N.

♦ Lors de l'utilisation d'un appareil automatique, le rinçage par le haut du réfrigérant ne pouvant s'opérer, récupérer un surplus de distillat, et s'assurer, avant d'arrêter l'opération, que le distillat sortant du réfrigérant ne contient plus d'ammoniac par une touche sur papier pH.

c. Résultats :**Tableau 1-** Résultats des analyses de l'ABVT.

ECHANTILLON	SOURCE	Durée de congélation	RESULTATS (La moyenne des 3 essais)	Les normes *
Viande fraîche (Fr)	Locale		Non détectable	< 20 : satisfaisant [20,25]: acceptable > 25: inacceptable
Viande congelée (Cg1a)	Locale	Du : 11-07-12 au : 16-01-13	Non détectable	< 20 : satisfaisant [20,25]: acceptable > 25: inacceptable
Viande congelée (Cg1b)	Locale	Du : 11-07-12 au : 05-05-13	21,62 mg NH ₃ /100g	< 20 : satisfaisant [20,25]: acceptable > 25: inacceptable
Viande congelée (Cg 2)	Importée du Brésil	Du : 03-01-12 au : 13-05-13	26,07 mg NH ₃ /100g	< 20 : satisfaisant [20,25]: acceptable > 25: inacceptable

* Ces résultats concernent les poissons.

d. Expression des résultats:

L'expression des TVB ou ABVT en ammoniac NH₃ étant plus courante que l'expression en azote, le résultat sera donc :

$$\text{TVB ou ABVT (mg NH}_3\text{/100g)} = [T (V_E - V_B) \times 17 \times 100] / m$$

T : normalité de la solution d'acide sulfurique

V_B : ml H₂SO₄ trouvés pour le dosage à blanc

V_E : ml H₂SO₄ trouvés pour le dosage de 1 échantillon

m : prise d'essai en grammes

|

Si m = 10,00 g et T = 0,1000 N

$$\text{ABVT} = (V_E - V_B) \times 17 \text{ mg NH}_3\text{/100g}$$

e. Application numérique:

◇ Pour l'échantillon **Cg1b** :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Essai 1 : - prise d'essai : } 10,0317 \text{ g} \\ -V_E = 1,9 \text{ ml} \\ -V_B = 0,2 \text{ ml} \end{array} \right\} \text{ABVT} = \frac{(1,9 - 0,2) \times 0,1 \times 17}{10,0317} \times 100 = 28,80$$
$$\boxed{\text{ABVT} = 28,80 \text{ mg NH}_3 / 100\text{g}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Essai 2 : - prise d'essai : } 10,0106 \text{ g} \\ -V_E = 1,8 \text{ ml} \\ -V_B = 0,2 \text{ ml} \end{array} \right\} \text{ABVT} = \frac{(1,8 - 0,2) \times 0,1 \times 17}{10,0106} \times 100 = 27,17$$
$$\boxed{\text{ABVT} = 27,17 \text{ mg NH}_3 / 100\text{g}}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Essai 3 : - prise d'essai : } 10,0004 \text{ g} \\ -V_E = 1,9 \text{ ml} \\ -V_B = 0,2 \text{ ml} \end{array} \right\} \text{ABVT} = \frac{(1,9 - 0,2) \times 0,1 \times 17}{10,0004} \times 100 = 28,89$$
$$\boxed{\text{ABVT} = 28,89 \text{ mg NH}_3 / 100\text{g}}$$

◇ Pour l'échantillon **Cg 2** :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Essai 1 : - prise d'essai : 10,34g} \\ -V_E = 2,2 \text{ ml} \\ -V_B = 0,2 \text{ ml} \end{array} \right\} ABVT = \frac{(2,2 - 0,2) \times 0,1 \times 17}{10,34} \times 100 = 32,88$$

ABVT = 32,88 mg NH₃ /100g

$$\left. \begin{array}{l} \text{Essai 2 : - prise d'essai : 10,06 g} \\ -V_E = 1,7 \text{ ml} \\ -V_B = 0,2 \text{ ml} \end{array} \right\} ABVT = \frac{(1,7 - 0,2) \times 0,1 \times 17}{10,06} \times 100 = 25,34$$

ABVT = 25,34 mg NH₃ /100g

$$\left. \begin{array}{l} \text{Essai 3 : - prise d'essai : 10,19 g} \\ -V_E = 1,4 \text{ ml} \\ -V_B = 0,2 \text{ ml} \end{array} \right\} ABVT = \frac{(1,4 - 0,2) \times 0,1 \times 17}{10,19} \times 100 = 20,01$$

ABVT = 20,01 mg NH₃ /100g

IV. 2. pH :

Selon JORA n°23 l'arrêté du 15 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 15 Janvier 2006 rendant obligatoire la méthode de mesurage du pH de la viande et des produits de la viande.

a. Principe :

Mesurage de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de références plongées dans un échantillon de viande ou de produit à base de viande.

b. Protocole :

A) Opérer à partir d'un échantillon représentatif d'au moins 200 g un prélèvement de 50g

B) Préparation de l'échantillon pour 3 essais :

Essai 1 : 50 g de viande + 50 ml d'eau distillée.

Essai 2 : 50 g de viande + 50 ml d'eau distillée.

Essai 3 : 50 g de viande + 50 ml d'eau distillée.

Homogénéiser l'échantillon de laboratoire en le faisant passer deux fois dans le hachoir à viande et mélanger :

Remarque sur le mode opératoire :

Les échantillons de produits très secs peuvent, en plus, du traitement normal, être homogénéisés avec une masse d'eau égale dans un appareil mélangeur pour laboratoire, avant de procéder au mesurage du pH.

C) Prise d'essai : Prélever une quantité de l'échantillon suffisamment pour immerger ou enrober les électrodes.

D) Etalonnage du PH-mètre : Etalonner le PH-mètre en utilisant une solution tampon de pH exactement connu et aussi proche que possible du pH de la solution à déterminer à la température de mesurage.

Si le PH-mètre ne comprend pas de système de correction de température, la température de la solution tampon doit être amenée à $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Les solutions tampons : pH = 4 , pH = 7, pH = 9.



Figure 5- Les solutions tampons

E) Mesurage :

- Introduire les électrodes dans la prise d'essai et régler le système de correction de la température du pH-mètre à la température de la prise d'essai. S'il n'existe pas de système de correction de température, la température de la prise d'essai doit être amenée à $20 \pm 2^\circ\text{C}$.
- Mesurer en suivant la technique propre au pH-mètre utilisé. Lire le pH directement sur l'échelle de l'appareil, à 0,05 unité pH près, lorsqu'une valeur constante a été obtenue.
- Effectuer trois déterminations sur le même échantillon pour essai.



Figure 6- pH-mètre

F) Nettoyage des électrodes : Nettoyer les électrodes en les essuyant successivement avec des morceaux d'ouate imbibés d'oxyde di éthylique, puis d'éthanol.

Enfin, les laver à l'eau et les conserver.

c. Résultats :**Tableau 2 –Résultats des analyses du pH**

Echantillon	Source	Durée de congélation	Résultats	La norme *
Viande fraîche (Fr)	Locale		Essai 1 : 5,28 à 18,6°C Essai 2 : 5,18 à 19°C Essai 3 : 5,16 à 19°C } pH = 5,20	De 5,4 à 5,7
Viande congelée (Cg 1a)	Locale	Du : 11-07-12 au : 16-01-13	Essai 1 : 5,92 à 19,5 °C Essai 2 : 5,45 à 19,5°C Essai 3 : 5,71 à 19,5°C } pH = 5,69	De 5,4 à 5,7
Viande congelée (Cg1b)	Locale	Du : 11-07-12 au : 05-05-13	Essai 1 : 5,92 à 19,5 °C Essai 2 : 5,93 a 19,5°C Essai 3 : 5,91 a 19,5°C } pH = 5,92	De 5,4 à 5,7
Viande congelée (Cg2)	Importée du Brésil	Du : 03-01-12 au : 13-05-13	Essai 1 : 6,12 a 25 °C Essai 2 : 6,05 a 23,3°C Essai 3 : 6,03 a 23°C } pH = 6,06	De 5,4 à 5,7

* Pour une viande de qualité.

d) Expression des résultats:**Répétabilité :**

La différence entre les valeurs extrêmes résultant des trois mesurages ne doit pas dépasser 0,15 unité de pH.

Calcul :

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des trois valeurs, si les conditions de répétabilité sont remplies.

Exprimer le pH moyen à 0,1 unité de pH près.

$$\text{La moyenne} = \frac{\text{Essai 1} + \text{Essai 2} + \text{Essai 3}}{3}$$

IV. 3. Indice TBA : Méthode décrite par PIKUL et al (1989)

a. Principe :

Extraction aqueuse : le TBA réagit avec le Malonaldéhyde pour produire un pigment rouge avec un maximum d'absorption à 532 nm en spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

Le Malonaldéhyde est un des produits terminaux de l'oxydation des acides gras polyinsaturés, est utilisé comme indicateur dans l'inspection des aliments.

b. Protocole :

A) Prendre :

- Echantillon 10g
 - TCA 35ml (solution 5 % dans l'eau distillée)
 - BHA 1 ml (solution 7, 2% dans Alcool 98%)
- } Homogénéiser a ≈ 14000 RPM
trois fois 15 secondes



Figure 7-Solution de BHA (7,2%)



Figure 8- Solution de TCA (5%)

B) Filtration:

- Le broyat est filtré sur papier filtre N°4 dans une fiole jaugée à 50 ml
- Laver le filtre avec 50 ml. H₂O distillée

-Le filtrat est ajusté avec TCA (5%) jusqu'à 50ml.



Figure 9- Filtrage

C) Mélange- chauffage :

-5ml de filtrat
-5ml TBA (0,02M) } Chauffer au bain marie entre 70°C et 80°C pendant 30mn.

D) Blanc :

-5ml TCA
-5ml TBA (0,02 M)

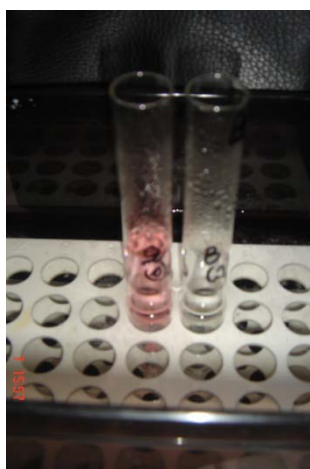


Figure 10- L'échantillon et le blanc dans le bain marie.

E) Refroidir le mélange pendant 10mn avec l'eau du robinet.

F) Lire l'absorption contre le blanc à 532 nm.

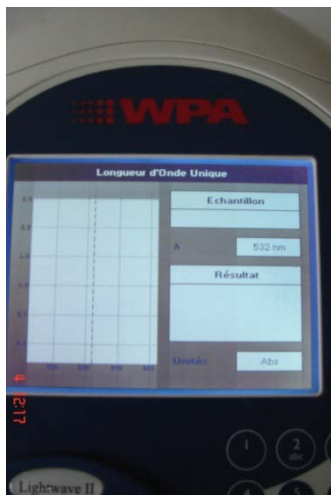


Figure 11- Spectrophotomètre

G) Calculer la concentration d'équivalent en MDA (mg/Kg d'échantillon)

$$D_o = \epsilon LC \implies C = \frac{D_o}{\epsilon L} \text{ avec } \epsilon; 1,56.10^5$$

Masse molaire du MDA : 72g/mol.

c. Résultats :**Tableau 3-** Résultats des analyses de la TBA.

Echantillon	Source	Durée de congélation	Résultats	La norme *
Viande fraîche (Fr)	Locale			[0, 8] : excellent [9, 20] : bon > 21: inacceptable
Viande congelée (Cg1a)	Locale	Du : 11-07-12 au : 16-01-13		[0, 8] : excellent [9, 20] : bon > 21: inacceptable
Viande congelée (Cg1b)	Locale	Du : 11-07-12 au : 07-05-13	$C_{MDA} = 91 \text{ mg MDA/Kg}$	[0, 8] : excellent [9, 20] : bon > 21: inacceptable
Viande congelée (Cg2)	Importée du Brésil	Du : 03-01-12 au : 07-05-13	$C_{MDA} = 55 \text{ mg MDA/Kg}$	[0, 8] : excellent [9, 20] : bon > 21: inacceptable

* Ces résultats concernent la sardine.

d. Expression des résultats :

$$D_0 = \epsilon L C \quad \Rightarrow \quad C = \frac{D_0}{\epsilon L}$$

D_0 : Densité optique

$$\epsilon = 1,56 \cdot 10^5$$

L : Longueur du trajet égal à 1.

C : Concentration d'équivalent en MDA (mg/Kg d'échantillon).

Masse molaire du MDA : 72g/mol.

◇ On a multiplié par 100 : car on a travaillé sur 10 g tandis que PIKUL et al., ont travaillé sur 1 Kg.

◇ On a multiplié par 7 : car on a travaillé sur 5 ml de filtrat tandis que PIKUL et al., ont travaillé sur 35 ml.

◇ On a multiplié par 72 : Masse molaire du MDA : 72g/mol.

$$\text{Donc :} \quad C = \frac{D_0}{1,56 \cdot 10^5}$$

e. Application numérique:

◇ Pour l'échantillon Cg1b :

$$D_{o\ Cg1b} = 0,281.$$

$$C = \frac{0,281}{1,56 \cdot 10^5} \times 7 \times 100 \times 72$$

$$\boxed{C = 91 \text{ mg MDA/Kg}}$$

◇ Pour l'échantillon Cg2 :

$$D_{o\ Cg1b} = 0,170.$$

$$C = \frac{0,170}{1,56 \cdot 10^5} \times 7 \times 100 \times 72$$

$$\boxed{C = 55 \text{ mg MDA/Kg}}$$

Tableau 4 - TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS DES TROIS ANALYSES (ABVT, pH et indice TBA)

Echantillon	source	ABVT		pH		Indice TBA	
		Durée de congélation	Résultats * (moyenne des 3 essais)	Durée de congélation	Résultats * (moyenne des 3 essais)	Durée de congélation	Résultats *
Viande fraîche (Fr)	Locale	/	Non détectable	/	5,20	/	/
Viande congelée (Cg 1a)	Locale	Du 11/07/12 au 16/01 /13	Non détectable	Du 11/07/12 au 16/01/13	5,69	/	/
Viande congelée (Cg1b)	Locale	Du 11/07/12 au 05/05/ 13	21,62 mg NH ₃ /100g	Du 11/07/12 au 05/05/ 13	5,92	Du 11/07/12 au 07/05/ 13	C _{MDA} = 91 mg MDA/Kg
Viande congelée (Cg2)	Importée du Brésil	Du 03/01/12 au 13/05/13	26,07 mg NH ₃ /100g	Du 03/01/12 au 13/05/ 13	6,06	Du 11/07/12 au 07/05/ 13	C _{MDA} = 55 mg MDA/Kg

Normes : *

*ABVT (les poissons)	*pH (viande bovine)	*Indice TBA (la sardine)
< 20 : satisfaisant [20,25]: acceptable > 25: inacceptable	De 5,4 à 5,7	[0, 8] : excellent [9, 20] : bon > 21: inacceptable

◇ **ABVT**

L'ABVT ou Azote Basique Volatil Total est un paramètre d'indication de l'altération qui trouve tout son intérêt dans le contrôle de la qualité du poisson, denrée rapidement altérable.

L'utilisation de la mesure de l'ABVT pour contrôler une viande congelée n'a pas un grand intérêt surtout si les conditions de congélation ont été correctement respectées. L'augmentation du niveau de l'ABVT est le résultat d'une augmentation de la multiplication bactérienne et s'il n'y a pas eu rupture de la chaîne du froid, ceci ne peut se voir même après une très longue période de congélation. L'ABVT est donc un paramètre de qualité bactériologique. Les résultats que nous avons obtenu (**Fr : non détectable, Cg1a : non détectable, Cg2a : 21,62 mg NH₃/100g, Cg2 : 26,07 mg NH₃/100g**) (cités dans le **tableau 1- Résultats des analyses de l'ABVT**) démontrent effectivement cette approche.

On a réalisé cette analyse telle qu'elle est stipulée par la réglementation (**MANUEL DE CONTROLE DE LA QUALITE ALIMENTAIRE, 1976** : Volume 14/8. Méthode analytique selon: Pearson's Chemical Analysis of Foods. 7th Ed., 376-386, Churchill Livingstone Traduction, *** Observations et choix alternatifs***: **CHENINI R.** version : 02.0, Avril 1998).

***L'indicateur coloré vire vers le bleu si le milieu est acide et vers le vert si le milieu est alcalin.**

ECHANTILLONS

-Fr et Cg 1a :

L'ABVT n'est pas détectable dans les deux échantillons car le milieu est acide ce qui signifie qu'il n'y a pas eu de dégradation des protéines sous l'action de bactéries ou d'enzymes présentes dans la denrée.

-Cg1b et Cg2 :

L'ABVT est détectable dans les deux échantillons car le milieu est alcalin ce qui signifie qu'il y a eu une dégradation des protéines sous l'action de bactéries ou d'enzymes présentes dans la denrée.

La solution alcaline a été titrée par l'acide sulfurique ce qui nous a permis de calculer le taux de l'ABVT dans les deux échantillons (Cg1b et Cg2).

◇ pH

Le pH est un paramètre physique très simple à réaliser et qui augmente lors de l'altération de la viande ne peut à lui seul témoigner d'une altération. Ce paramètre ne peut être lié à l'augmentation de l'ABVT. Si Le pH trouve tout son intérêt pour contrôler une viande fraîche, il varie cependant très peu ou pas pour une viande congelée. Le pH est également influencé par la température, il faut donc être prudent au moment de la mesure et contrôler la température de lecture.

L'ABVT étant une base faible, ne peut provoquer la variation du pH, c'est pour cette raison qu'il n'y a pas de concordance entre la valeur du pH et la valeur de l'ABVT, autrement dit, il faut de grandes quantités d'ABVT pour faire varier le pH. Ce qui est confirmé par les résultats que nous avons obtenus en effet. (**Fr : 5,20, Cg1a : 5,69, Cg2a : 5,92, Cg2 : 6,06**). (Les résultats sont bien détaillés dans le **tableau 2**- Résultats des analyses du pH).

*Le pH de l'échantillon Fr est dans la norme ce qui signifie que l'échantillon de la viande est satisfaisant.

*Le pH de l'échantillon Cg1a est dans la limite de la normale ce qui signifie que la viande est consommable.

*Le pH de l'échantillon Cg1b est supérieur à la normale ce qui signifie que la viande est non satisfaisante.

*Le pH de l'échantillon Cg2 est supérieur à la normale ce qui signifie que la viande est non satisfaisante.

◇ **TBA**

L'indice TBA ou indice acide thiobarbiturique, est un paramètre qui mesure le niveau de concentration des aldéhydes qui sont des produits secondaires de la dégradation des acides gras insaturés. Le principale responsable de cette dégradation est la lipase d'origine alimentaire ou bactérienne. Tout l'intérêt de la mesure de l'indice TBA pour les viandes congelées tient dans le fait que la lipase continue à être active même à très basse température (-18°C). La dégradation des lipides aboutit à la formation d'une viande d'un goût rance. On peut dire que l'indice TBA est donc un paramètre de qualité gustative ou sensorielle. Là où une viande congelée peut être considérée comme consommable sur le plan bactériologique (bactéries ou ABVT), elle peut être considérée comme impropre à la consommation sur le plan sensorielle. Ceci a été démontré par notre travail, (**Fr : non réalisée, Cg1a : non réalisée, Cg2a : $C_{MDA} = 91 \text{ mg MDA/Kg}$, Cg2 : $C_{MDA} = 55 \text{ mg MDA/Kg}$**). (Les résultats sont bien détaillés dans le **tableau 3- Résultats des analyses de la TBA**).

* L'analyse de l'échantillon **Fr** et celle de l'échantillon **Cg1a** n'ont pas été réalisées suite à une situation hors de notre volonté (cas de force majeure empêchant la continuation des travaux de notre projet de fin d'étude).

On a pu trouver des résultats bibliographiques sur l'indice TBA de la viande fraîche selon la méthode décrite ci-dessous :

La mise au point fait référence à la méthode de GUTTERIDGE, 1981 modifiés par LYNCH en 1993.

Muscle utilisé: faux filet de bœuf.

Des analyses ont été réalisées sur des tranches de faux filet à différents temps de conservation sous atmosphère à 2°C.

-Réalisation d'une courbe d'étalonnage de tétraméthoxypropane, composé qui se transforme en MDA à chaud et réagit avec le TBA pour former le pigment rose absorbant à 532 nm

-Dosage à J0, J2, J3, J6 et J10 sur les tranches de faux filet.

-Calculs par rapport à la gamme étalon et évolution de la quantité de MDA/Kg de viande en fonction du temps.

Ces essais ont été répétés plusieurs fois afin de valider les résultats.

Résultats:

La production de substances réactives au TBA est très forte dans les premiers jours de stockage, puis ralentit pour atteindre son maximum entre 8 et 12 jours.

Quelques résultats représentatifs des différents essais menés :

Nombre de jours de conservation	J0	J4	J8	J12
mg de MDA/Kg de viande	2.12	5.04	5.16	6.83

Ces résultats sont tout à fait similaires à ce rencontrés dans les différentes publications.

Malgré tout, cette méthode s'avère très sensible et nécessite plusieurs répétitions pour chaque point d'analyses en minimum 5. En effet les quantités dosées sont très faibles et la variabilité analytique importante.

Il faut savoir que ces essais ont été réalisés dans des conditions favorables, à savoir sur une viande grasse (7% de matières grasses).

Il serait donc bien de mener des essais supplémentaires sur de la viande de veau, plus maigre du fait de la grande variabilité analytique.

Considérant que les méthodes d'analyse scientifiquement reconnues pour le contrôle de l'ABVT et le pH doivent pouvoir continuer à être utilisées en routine, mais qu'il est opportun de fixer une méthode de référence utilisable en cas de doute sur les résultats ou en cas de litige (vu que le taux de l'ABVT ne peut être significatif qu'après modification apparente des paramètres sensitifs).

*L'analyse de l'échantillon Cg1a n'a pas pu être réalisée suite à une situation hors de notre volonté

* L'analyse de l'échantillon Cg1b a donné une concentration de MDA égale à 91mg MDA/Kg ce qui est nettement supérieur à la normale, conséquence de l'oxydation des lipides ce qui signifie que la viande est altérée.

*L'analyse de l'échantillon Cg2 a donné une concentration de MDA égale à 55 mg MDA/Kg, ce qui est aussi nettement supérieur à la normale, ce qui signifie que la viande est altérée.

On remarque aussi que malgré que la durée de congélation de l'échantillon Cg1b est inférieure à celle de l'échantillon cg2, il a une concentration de MDA supérieure à celle de l'échantillon Cg2, ce qui peut être expliqué par les conditions de congélation et les 5M (Main d'œuvre, matériel, méthode, milieu, matière) :

-L'échantillon Cg2 : viande importée congelée rapidement par l'azote

-L'échantillon Cg1b : viande locale congelée lentement : C'est-à-dire que la concentration de la TBA dans cet échantillon était déjà importante même avant congélation

On conclut que le mode de congélation influe considérablement la qualité de la viande.

On remarque aussi qu'il y a contradiction entre les valeurs de l'ABVT et de la TBA, au niveau des échantillons Cg1b et Cg2

ABVT de Cg2 est supérieur à celle de Cg1b

TBA de Cg1b est supérieur à celle de Cg2 : On pense à une erreur de mesure dans les analyses qui ont été réalisées au niveau du CACQE en notre absence à savoir l'ABVT et le pH.

On note aussi que l'augmentation du pH est relativement minime par rapport à l'augmentation de l'ABVT, ce qui peut être expliqué par le fait que l'ABVT est un acide faible, et il faut attendre un taux élevé de ce dernier pour avoir une augmentation du pH

En fin on peut conclure que l'analyse de la TBA est plus fiable que celle de l'ABVT car elle donne des résultats même au début de la congélation.

CONCLUSION

Parmi toutes les techniques utilisées pour la conservation de la viande, la congélation est la plus utilisée.

Le respect des règles strictes des bonnes pratiques de congélation et d'hygiène nous mettent à l'abri des dangers microbiens, parasitaires et toxicologiques. Le principal risque, au regard de la qualité des viandes congelées, se situe donc au plan d'altérations éventuelles des caractéristiques sensorielles.

En effet, des phénomènes essentiellement attachés à l'oxydation des lipides et de la myoglobine, peuvent sur le long terme, entraîner des effets importuns qui touchent la couleur et la saveur de la viande.

Considérant que les méthodes d'analyse scientifiquement reconnues pour le contrôle de l'ABVT et le pH doivent pouvoir continuer à être utilisées en routine, mais qu'il est opportun de fixer une méthode de référence utilisable en cas de doute sur les résultats ou en cas de litige (vu que le taux de l'ABVT ne peut être significatif qu'après modification apparente des paramètres sensitifs).

Notre contribution dans ce travail s'articule principalement autour de la mise au point d'une nouvelle méthode à savoir l'analyse de l'indice TBA permettant l'estimation et le contrôle de la qualité physico chimique d'une viande congelée.

Notre travail nous a permis de faire un pas dans l'exploration de domaine du contrôle de la qualité de la viande congelée qui reste nouveau et peu connu dans notre pays, c'est pour cela nous suggérant la mise au point réglementaire de l'analyse de l'indice TBA car elle est plus fiable et plus significative.

BIBLIOGRAPHIE

ALAIS C., LINDEN G., LAURENT M., 2004: Biochimie alimentaire.

Edition: DUNOD 5^{ème} édition de l'abrégé, pages 190 – 201.

BARYLKO-PIKIELNA., DANIEWSKI M., MIELNICZUK Z., 1974: Gas chromatographic-sensory parallel characterization of methionine -glucose reaction products and their relation to meat aroma. Die Nahrung, 18, n°2, pp. 125-132. (C.D.I.U.P.A. N°72536).

BLANCHET X., 2010: Des gènes impliqués dans la variabilité de la tendreté des viandes bovines .Thèse de doctorat, Université de Limoges, page 212.

BOWERS J., 1972: Eating quality, sulfhydryl content and TBA values of turkey breast muscle. Journal of agricultural and food chemistry, 20, n°3, pp. 706-708. (CD.I.U.P.A. N°48468).

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

CIPRA J., BOWERS J., 1970: Precooked turkey. Flavor and certain Chemical changes caused by refrigeration and reheating. Food Technology, 24, n°8, pp. 85-87. (C.D.I.U.P.A. n°24470).

CLAUDE G., 2000: Congélation et qualité de la viande, page 11, 13,26 ,39-44, 47, 50,51, 63.

COIBION L., 2008: Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : adaptation à la demande du consommateur. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Université Paul-Sabatier de Toulouse, 96 pages

COUVEZ P., DELBOS E., FAURE J., FRASSETO F., Collectif, 2005 : Transformation carnée à la ferme –connaître la législation et organiser son atelier .Edition : Educagri, pages 105-108.

CRAPLET C., 1966 : la viande de bovins de l'étable de l'éleveur à l'assiette du consommateur. page 287.

DRIEUX H., FERRAVDO R., JACQUOT., 1962: caractéristique alimentaire de la viande de boucherie, page 99.

DUMONT BL., VALIN C., MONIN G., GIRARD JP., 1982 : Hygiène et technologie de la viande fraîche. Edition du centre national de la recherche scientifique-commission viandes et produits carnés, pages 77-104, 334-336.

DUPIN H., CUQ JL., MALEWIAK MI., LEYNAUD-ROUAUD., Leynaud-Rouaud C.,

BERTHIER AM., 1992 : Alimentation et nutrition humaines. Edition: E.S.F, pages 741, 745, 746,747.

EV RAT-GEORGEL C., 2008 : compte rendu final n°170832028 Bibliographie critique des méthodes instrumentales de mesure de la tendreté de la viande bovine. Département technique d'élevage et qualité. Service qualité et viande. Page : 8.

GIRARD J P., 1990 : Technologie de la viande et des produits carnés, page 13, 16, 17, 18,19.

- HALL K., SPENCER J., 1968:** Quantitative comparisons of certain nucleotides and related compounds in chicken and turkey meat. Poultry Science, 47, n°1, pages 300-305. (C.D.I.U.P.A. N°20874).
- HARDIT V., 2008:** Institut de l'Elevage_ Unité de programme "Hygiène et Technologie des viandes", filière bovine . Méthodologie: Evaluation de la peroxydation lipidique. T0296
- HARKES P., BEGEMANN W., 1974:** Identification of some previously unknown aldehydes in cooked chicken. Journal of the American Oil Chemists' Society, 51, n°8. page 356-359. (C.D.I.U.P.A. N°76138).
- HOBSON-FROHOCK A., LEA C., SWOBODA P., 1967:** Removal of volatile flavour constituents from foods prior to analysis by gas-liquid chromatography. Journal of the Science of Food and Agriculture, 18, n°6, page 242-251. (C.D.I.U.P.A. n°55111).
- IANOR -Institut Algérien de Normalisation :** Viandes et produits à base de viande, détermination de la teneur en azote - méthode de référence. ICS : 67.120.30, numéro d'édition : 02, date : 2007. NA 646.
- IANOR -Institut Algérien de Normalisation :** Viandes et produits à base de viande, mesurage du pH-méthode de référence. ICS : 67.120.10, numéro d'édition : 02, date : 2007. NA1128.
- IBERRAKEN M., MAOUCHE K., 2006 :** Les produits carnés. Rapport de stage d'ingénieur en contrôle de qualité et analyse, Université de Bejaia-Algérie.
- Ifremer – Octobre 2008 -V1- Fiche réalisée pour Bibliomer :**
<http://www.bibliomer.com> et le centre de veille des produits aquatiques: <http://veilleproduitsaquatiques.com>
- IL. FRAYSSE, A. DARRE,** Produire des viandes. Volume I. Sur quelles bases économiques et biologiques?, pages 287, 291,292.
- JEAN-BLAIN M., 1948 :** Les aliments d'origine animale destinés à l'homme.
Edition : VIGOT frères (Paris VI^e). Page 31
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE.** N° 23.
- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE.** N° 65.
- JOURNAL LE SOIR**
- KUZMIN M., MILTSYNA E., 1969:** Investigation of aroma substances and amino acids during the long term storage of meat. In: Aliments congelés. Qualité des produits. Techniques de congélation (notamment cryogéniques) Paris. Institut international du Froid, pp. 83-85. (C.D.I.U.P.A. n°29800).
- LAMELOISE P., ROUSSEL-CIQUARD N., ROSSET R., 1984:** Evolution des qualités organoleptiques. Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires.

- LANDMANN W., BATZER O., 1966:** Influence of processing procedures on the chemistry of meat flavors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 14, n°3, pp. 210-214.
- LE MAGNEN J., 1966 :** Les bases sensorielles de l'analyse des qualités organoleptiques. Journées scientifiques du centre de coordination des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation. XIV. Paris 23-27 novembre 1964. Méthodes subjectives et objectives d'appréciation des caractères organoleptiques des denrées alimentaires. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, pp. A-11-A-49.
- (bis) LEWIS (P.), BROWN (C), HECK (M.), 1967:** The effect of ante mortem stress on the internal temperature of beef during cooking. *Food technology*, 2U n°3A, 1967, pp. 75A-78A. (C.D.I.U.P.A. n°67/472).
- LEA C., SWOBODA P., HOBSON-FROHOCK A., 1967:** Removal of volatile flavour constituents from foods prior to analysis by gas-liquid chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 18, n°6, pp. 242-251. (C.D.I.U.P.A. n° 55111).
- MANUEL DE CONTROLE DE LA QUALITE ALIMENTAIRE, 1976 :** Volume 14/8. Méthode analytique selon: Pearson's Chemical Analysis of Foods. 7th Ed., 376-386, Churchill Livingstone Traduction, * *Observations et choix alternatifs* *: **CHENINI R.** version : 02.0, Avril 1998.
- MICOL D., VALAIN C., 1986 :** Production de viande Bovine. Centre de recherche zootechniques et vétérinaires INRA-Theix-63122 Ceyrat, pages 85-96.
- MIRONNEAU L., 1961 :** Manuel du frigoriste I. application du froid, page 96.
- MURRAY, BENDER, BOTHAM, KENNELLY, RODWELL, WEIL, 2011:** Biochimie de Harper. 4^{ème} édition de boeck. Page 9
- PATTERSON R., 1970:** Detection of meat odours. *Process biochemistry*, 5, n°5 pp. 27-31. (C.D.I.U.P.A. N°22611).
- PIKUL, J., LESZCZYNSKI, D. E., & KUMMEROW, F. A. 1989:** Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37, 1309 – 1313.
- PITRE J., 1975 :** La viande : connaissance biologique et bases de la technologie : croissance, anabolisants, saignée, structure et composition chimique de la viande, valeur alimentaire, tome 1, université : CAEN cedex, pages 149-150.
- RENERRE R., 1997:** La couleur, facteur de qualité. Mesure de la couleur de la viande. *Renc. Rech .Ruminants*, pages 89-102.
- ROSSER R., ROUSSEL-CIQUARD., 1982:** Hygiène et technologie de la viande fraîche, pages 170, 171.

- ROSSET MR ., LAMELOISE P., ROUSSEL-CIQUARD N., 1984:** La tendreté de la viande. Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires, pages 1- 15-17.
- ROSSET R., LIGER P., 1989:** La couleur de la viande. Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires, page 61.
- ROSSET R., LIGER P., ROUSSEL-CIQUARD N., 1977:** La flaveur de la viande. Actualités scientifiques et techniques en industries agro-alimentaires, pages 1-3-4- 88-89.
- ROUDAUT H., LEFRANCQ E., 2005:** Alimentation théorique. Edition : doin.
Biosciences et techniques – collection dirigée par : J.FIGARELLA et A. CALAS, pages 125-126.
- SOLTNER D., 1979 :** La production de viande bovine. Collection: sciences et techniques agricoles "le clos lorelle" 8^{ème} édition, pages 49 -56,53.
- The Mc Graw-Hill companies, I., 1999:** à partir du site <http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/fichiers/25962/ch03.html>
- THIEULIN G., 1970:** LA VIANDE, pages 26-27.
- TOURAILLE C., 1994:** Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. Renc. Rech. Ruminants, 1, 169-176.
- VIERLING E., 2008 :** Aliments et boissons-filières et produits .3^{ème} édition: doin
Biosciences et techniques – collection dirigée par : J.FIGARELLA et A. CALAS, pages 55-58,67-72.
- WATANABE K., SATO Y., 1972:** Flavor components of shallow fried beef. Japanese Journal of Zootechnical Science, 43, n°4 page. 219-225. (C.D.I.U.P.A. N°50703).
- WAUGH A., GRANT A., 2009:** Anatomie et physiologie normales et pathologiques, coordination scientifique de l'édition Française : Julie COSSERAT. Edition : ELSEVIER, page 453.
- WERNER J. Bauer, BADOUD R., Loliger J., Etournaud A., 2010:** Principes de chimie des constituants et de technologie des procédés. Science et technologie des aliments. Presses polytechnique et universitaires romandes 1^{ère} édition, page 102.
- WHEATER., YOUNG., HEATH., 2001 :** Histologie fonctionnelle, traduction de la 4^{ème} édition anglaise par : Pierre Validire et Patrica Validire-Charpy, édition : De Boeck, page 104
- ZIPSER M., WATTS B, 1961:** Lipid oxidation in heat sterilized beef. Food Technology,15, n°10, pages 445-447.

Résumé :

Le travail présenté dans ce mémoire concerne le contrôle de la qualité organoleptique et physicochimique d'une viande congelée.

Un intérêt particulier a été accordé à l'étude de l'évolution de quelques paramètres ABVT (Azote Basique Volatil Total), pH (Potentiel Hydrogène) et TBA (acide Thiobarbiturique) dans le temps pour mettre en exergue l'influence de la congélation et de sa durée sur la qualité de la viande congelée.

Un résultat très notable a été obtenu aussi en faisant l'analyse de la TBA (acide Thiobarbiturique). Par contre l'ABVT n'a pas donné des résultats exploitables.

Mots clés :

Viande, Congélation, caractéristiques organoleptiques, caractéristiques physico-chimique, ABVT, pH, indice TBA.

Abstract:

The work presented in this thesis concerns the control of the organoleptic and physicochemical quality of frozen meat.

Particular attention was paid to the study of the evolution of some parameters TVB-N (Total Volatile Basic Nitrogen), pH (Potential Hydrogen) and TBA (Thiobarbituric acid) in time to highlight the influence of freezing and its duration on the quality of frozen meat.

A very significant result was also obtained by the analysis of the TBA. (Thiobarbituric acid) by against TVB-N did not give useful results.

Keywords:

Meat, Congelation, characteristic organoleptic, characteristic physico-chemical, TVB-N, pH, TBA.

ملخص:

يتعلق العمل الذي قدم في هذه الأطروحة بمراقبة الجودة الكيميائية والفيزيائية وكذا الحسية للحوم المجمدة. وقد أعطي اهتماما خاصا لدراسة تطور بعض الخصائص، درجة الحموضة و النيتروجين الأساسي المتطاير العام و حمض التيوبوربيتريك، مع تطور الزمن لتسليط الضوء على تأثير التجميد و مدته على نوعية اللحوم المجمدة. كما تم الحصول على نتيجة مهمة للغاية من خلال تحليل حمض التيوبوربيتريك، على عكس النيتروجين الأساسي المتطاير العام الذي لم يعط نتائج قابلة للاستغلال.

كلمات مفتاحية :

لحم، تجميد، خصائص حسية، خصائص فيزيو كيميائية ، النيتروجين الأساسي المتطاير العام ، ثبات الحموضة، حمض التيوبوربيتريك .