



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE IBN KHALDOUN DE TIARET
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES



Mémoire de fin d'études

en vue de l'obtention du diplôme de docteur veterinaire

THEME :

**CONTROLE DE LA QUALITE DES VIANDES
BOVINES**

Présenté par :

CHAKELALA Omar

Encadré par :

Dr : BENIA Ahmed Redha

Année universitaire : 2018 – 2019

Remerciements

Dieu, merci vous m'avez donné la bonne volonté pour achever mon processus universitaire.

Avant de commencer la présentation de ce travail, nous profitons de cette occasion pour remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon grande Docteur BENIA Ahmed Redha , j'ai eu le privilège de travailler avec lui et d'apprécier ses qualités et ses valeurs. Son sérieux, ses compétences et son sens du savoir nous ont énormément marqués. On le remercie d'avoir accepté de nous encadrer pendant notre projet de fin d'études, pour son aide et son soutien durant chaque étape de ce travail, pour la confiance qu'il a su nous accorder et les précieux conseils qu'il nous a prodigués tout au long de la réalisation de ce projet. Ses remarques pertinentes, ses encouragements inlassables, son amabilité et sa gentillesse méritent toute admiration

Mes remerciements, mon profond respect et mon loyale considération vont aussi à tous nos professeurs, enseignants et toutes les personnes qui nous ont soutenus jusqu'au bout, et qui n'ont pas cessé de me donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*A mon père décédé qui habite toujours mon cœur et qui après sa mort j'ai eu la
volonté pour continuer ma vie sur le droit chemin de succès.*

A ma maman qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Que dieu te bénisse.

*A mes chères sœurs **Khalida et Souad**, ma belle-sœur **Aïcha** et mes chers
frères, **Sedik, Ismail et Saad** pour leur appui et leur encouragement, pour
leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.*

*A mes chers amis **Yassine, Hamada, Kada, Yassine, Ahmed, Abir et***

Abtissem je vous aime tous.

*A mon chers enseignant **Dr Ouared Toufik** qui m'accompagné durant mes
cinq merveilleuses années.*

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

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	2
DEDICACES.....	3
LISTE DES TABLEAUX.....	7
LISTE DES FIGURES.....	8
INTRODUCTION.....	9

Chapitre I : Importance alimentaire de la viande bovine

1- La viande.....	12
1-1 Définition générale	12
1-2- Importance nutritif.....	12
1 -2-1 Valeur alimentaire globale de la viande	12
1-2-2 Valeur hygiénique de la viande.....	12
2- La viande rouge	13
2-1 Composition de la viande	13
Protéines.....	13
Lipides.....	13
Glucides.....	14
Sels minéraux.....	14
Vitamines.....	14
2-2 Les muscles.....	15
2-2-1 structure de muscle squelettique	16
2-2-1-1 Les fibres musculaires.....	18
2-2-2-2 Le tissu conjonctif.....	18
3- Les différentes étapes de transformation des muscles en viandes	18
3-1 Le transport.....	18
3-2 La stabulation.....	18
3-3 L'inspection sanitaire ante mortem	18
3-4 L'abattage	18
-Anesthésie de l'animal	18
- Mort par électricité ou pointeau métallique	18
- Saignée.....	18
- Dépouille	19
- L'éviscération.....	19
- Fente.....	19
- Inspection sanitaire de salubrité post mortem avec estampillage	19
- Pensée de carcasse	19
- Marquage.....	19
3-5 Refroidissement et rigidité cadavérique.....	19
3-6 La maturation.....	19

Chapitre II : Qualité de la viande rouge

1- Valeur hygiénique de la viande.....	22
2- Les qualités organoleptiques.....	22
2-1 La couleur.....	22
2-2 La jutosité.....	24
2-3 La tendreté.....	25
3- Méthodes de mesure des qualités organoleptiques.....	27
3-1 Evaluation de la couleur.....	27
3-1-1 Evaluation instrumentale.....	27

3-1-2 Evaluation sensorielle.....	28
3-2 Evaluation de la jutosité	28
3-3 Evaluation de la tendreté.....	28
3-3-1 Les méthodes de terrain.....	29
3-3-2 les méthodes de laboratoire.....	29
4- Les moyennes pour obtenir une viande de bonne qualité.....	30
4-1 La couleur	30
4-1-1 Influence génétique.....	30
4-1-2 Influence de l'alimentation	30
4-1-2-1 Effet de la nature et de la ration.....	30
4-1-2-2 Effet du niveau alimentaire.....	31
4-1-3 Effet zootechnique.....	31
4-1-3-1 Influence de l'âge d'abattage.....	31
4-2 La jutosité.....	31
4-2-1 Influence de la génétique	31
4-2-2 Influence de l'alimentation.....	32
4-2-3 Effet zootechnique.....	32
4-2-3-1 Influence de l'âge d'abattage.....	32
4-2-3-2 Effet de sexe et de la castration.....	33
4-2-4 Evolution au cours de la cuisson.....	33
4-3 La tendreté.....	33
4-3-1 Influence de la génétique.....	33
4-3-1-1 La teneur en lipides	33

Chapitre III : Evolution microbiologique de la viande bovine

1- Contamination des viandes par les micro-organismes.....	35
1-1 . Les micro-organismes contaminants les viandes.....	35
1-1-1 . Les bactéries.....	35
1-1-1-1 Les marqueurs ou bactéries témoins de contamination.....	36
1-1-1-2 Les bactéries pathogènes.....	37
1-1-1-3 . Les Enterobacteriaceae.....	38
1-1-1-4 Staphylococcus aureus.....	44
1-1-1-5. Campylobacter	45
1-1-1-6 . Clostridium botulinum	47
1-1-1-7. Clostridium perfringens.....	49
2- Mode de contamination.....	50
2-1 le mode de contamination.....	50
2-1-1 Origine des micro-organismes.....	50
2-1-1-1 Au niveau de l'abattoir.....	50
2-1-1-2 Au niveau des boucheries.....	53
3- Les méthodes d'analyses.....	54
3-1. Les méthodes bactériologiques classiques de détection.....	54
3-2 . Les méthodes phénotypiques.....	55
3-2-1 . Le biotypage.....	55
3-2-2 . Le sérotypage.....	55
3-2-3 . L'antibiotypie.....	56
3-2-4 La bactériostase.....	57
4- Méthodes de décontamination de la viande.....	58
5-Altération des viandes.....	59
5-1 Facteurs de l'altération microbienne de la viande.....	59
5-1-1 Facteurs intrinsèques.....	59
5-2 Facteurs extrinsèques.....	59
5-2-1 Types d'altérations.....	60

5-2-2 Altération superficielle.....	60
5-2-3 Putréfaction profonde.....	60
6- Risques sanitaires.....	60
6-1 Intoxication alimentaire.....	61
6-2 Toxi-infection alimentaire.....	61
6-3 Intoxication du type histaminique.....	61
6-4 Empoisonnement alimentaire.....	61
7- Conservation de viande.....	62
7-1 Règles d'application du froid.....	62
7- 2 Méthodes de stabilisation de la flore microbienne	63
7-2-1 La réfrigération.....	63
7- 2-1-1 La réfrigération lente	63
7- 2-1-2 La réfrigération rapide.....	63
7- 2-1-3 La réfrigération ultrarapide	64
7- 2-1-4 La réfrigération complexe.....	64
7-2-2 La conservation des viandes réfrigérées.....	64
7-2-2-1 Indices microbiologiques du stockage de la viande réfrigérée.....	64
7- 2-2-1-1 Germes d'altération	65
7- 2-2-1-2 Germes pathogènes.....	65
7-2-2 Congélation.....	65
7-2-3 Surgélation	66
Conclusion.....	68
Références	
bibliographiques.....	70

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition de viande	7
Tableau 2 : Teneur en minéraux des viandes de boucherie (FREDOTE,2005).....	14
Tableau 3 : Couleur de la viande (TOURAILLE. C,1994)	23
Tableau 4 : Valeur minimum d'activité d'eau pour quelques MCO.....	60
Tableau 5 : Quelques types de germes et leurs risques sanitaires.....	62
Tableau 6 Durée de conservation de viande en fonction de la température.....	64
Tableau 7 :Action de la température sur la multiplication et la toxinogène des organismes..	65

Liste des figures

Figure 1 : Structure du muscle squelettique.....	14
Figure 2 : Organisation générale du muscle (FREDOTE. 2005)	15
Figure 3 : Représentation schématique de l'appareil contractile et des structures membranaires de la cellule musculaire squelettique (d'après U. Welsh, Sobotta – Atlas d'histologie- EM Inter / Urban 8 Fisher , 2002).....	16
Figure 4 : Influence du ph sur la capacité de rétention d'eau.....	24
Figure 5 :Entérobacter.....	38
Figure 6 : Esherchia colli	39
Figure 7 : Salmonella	41
Figure 8 : Yersinia.....	42
Figure 9 : Staphylococcus- aureus.....	44
Figure 10 : Compylobacter	46
Figure 11 : Clostriduim botulinum.....	48
Figure 12 :. Clostriduim perfringens.....	49
Figure 13 : Mécanisme de contamination superficielle des carcasses à l'abattoir (Nicolle, 1986).....	53

Introduction

Introduction :

Depuis l'antiquité, l'homme est à la recherche de sa nourriture et s'en est remis à la providence pour se nourrir, particulièrement lorsqu'il s'agissait du viande, puisqu'elle était la seule nourriture disponible toutes les saisons.

Les animaux producteurs de viande, sont les animaux de boucherie, les animaux de basse-court les gibiers.

La viande est un aliment de grande valeur nutritionnelle par sa richesse en protéines, (de 20 à 30 % selon les types de viandes) et elle apporte également des acides aminé essentiels (ceux que l'organisme humain est incapable de synthétiser)

En Algérie, la filière des viandes rouges repose sur des élevages bovins et ovins alors que les élevages camelins et caprins restent marginaux. Largement extensifs, ces élevages sont articulés à un marché interne fort rémunérateur du fait du maintien de la demande à un niveau relativement élevé et de la faible élasticité de la production. Avec près de 30 millions de têtes, essentiellement des populations locales, le complexe « ovin- céréales -pâturage » domine ces filières. Ce complexe fonctionne sur un marché intérieur libre isolé du marché mondial, ce qui a permis aux prix intérieurs d'atteindre des niveaux excessivement élevés et autorisé la constitution de rentes à tous les niveaux de la filière (**FERRAH A, Cabinet greedal.com, 2004/2005**)

Chapitre 1 : Importance alimentaire de la viande rouge

-1 La viande:

1-1 Définition Générale :

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

En technologie, la viande est le produit provenant de l'évolution post mortem du muscle strié.

Elle est constituée de proportions variables en tissus musculaires, conjonctifs, tissus gras et tissus osseux. (DUMONT et VALIN 1982) .

-2 Importance nutritif :

-Valeur alimentaire globale de la viande :

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

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

❖ Une source d'énergie, son potentiel calorique dépend énormément de sa teneur en graisse.

❖ Riche en phosphore qui existe sous forme minérale ou organique qui est dans tous les cas très bien assimilé par l'homme.

❖ Une bonne source de fer dont l'utilisation de l'homme est satisfaisante.

❖ Riche en vitamine du groupe B, riche en hormone particulièrement les Corticostéroïdes

❖ IL n'ya que le calcium dont la viande soit nettement déficitaire. (POELMA P.L.,1984).

-Valeur hygiénique de la viande :

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

-2 La viande rouge :

-1 composition de la viande rouge :

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

Les protéines du muscle se répartissent de la manière suivante :

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

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

Tableau1 : Composition de la viande

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

Le muscle comprend : les fibres, le tissu conjonctif qui l'entoure, les vaisseaux sanguins, les nerfs et tissu lipidique. La myoglobine lui confère la couleur rouge et sert de réserve d'oxygène **(CHEFTEL1980)** .

-PROTEINES:

Il existe deux types de protéines, l'une est d'origine animale et l'autre d'origine végétale. Les protéines animales sont dites de hautes valeurs biologiques, car leur profil en acides aminés correspond ou excède les besoins du corps humain **(VALERIE, 2002)**. Le besoin en protéines est variable selon l'état physiologique de l'individu. Il est par exemple augmenté en cas de grossesse, d'allaitement, d'activité physique importante. L'apport quotidien recommandé en protéines est de 0,8 à 1g par kilogramme de poids corporel et par jour, bien que 0.6g/kg semble suffisant d'après les données scientifiques disponibles. Une portion de 100 g de viande cuite, couvre environ 40% du besoin en protéines d'une femme de 60 kg **(KINSMA, 1994)**.

-Lipides :

Les lipides doivent représenter 30 à 35 % de l'Apport Énergétique Total (AET) par jour. Les lipides alimentaires sont représentés par les glycérides, essentiellement les triglycérides (1 molécule de glycérol + 3 acides gras) les phospholipides (un glycérol estérifié par deux acides gras un composé phosphate) et les stérols.

Outre leur rôle de source d'énergie, les lipides véhiculent les vitamines liposolubles et sont sources d'acides gras essentiels

: -l'acide linoléique (18:2-n-6)

- l'acide alpha-linoléique (18:2-n-3).

-L'organisme étant incapable de synthétiser ces deux acides gras, leur apport par l'alimentation est indispensable. La plupart des morceaux de bœuf contiennent moins de 15 % de matière grasse, l'agneau apporte entre 10 et 25 % de lipides **(VALERIE, 2002)**.

-Glucides :

Le glycogène du muscle se transforme en acide lactique au cours du rigor mortis et de la maturation.

La teneur en glucides des viandes de boucherie est donc négligeable mise à part dans la viande de cheval où elle est de 2 à 3%. Il faut signaler qu'une teneur élevée en glucide favorise la multiplication bactérienne **(FREDOT E, 2005)**.

-Sels minéraux:

La viande rouge est une bonne source d'apport de sels minéraux et oligoéléments, surtout le fer héminique, cinq à six fois mieux absorbé que le fer non héminique des végétaux. La carence en fer est cause d'anémie. En outre la viande rouge facilite l'assimilation du fer non héminique **(M.F. OPRENDEK-ROUDEY, INSEP-Paris, 2010)**.

Minéraux	Teneur en mg/100g	Remarque
Sodium	70	Teneur faible
Potassium	350	Non négligeable
Calcium	10,5	Négligeable
Phosphore	200	Non négligeable
Magnésium	20	Négligeable
Fer	2,5	Non négligeable
Cuivre	0,1	Négligeable
Zinc	2,5	Non négligeable
Sélénium	0,08	Non négligeable

Tableau 2 : Teneur en minéraux des viandes de boucherie (FREDOT E, 2005)

-Vitamines :

Par leur apport en vitamines du groupe B (B1, B2, B3 ou PP, B5, B6), les viandes bovines et ovines participent à la satisfaction des besoins vitaminiques augmentés du sportif. Ce sont plus particulièrement d'excellentes sources de vitamine B12, qui contribue à la constitution des globules rouges. Une portion de 100 g de bœuf ou d'agneau couvre au moins 50 % des apports recommandés pour cette dernière **(M.F. OPRENDEK-ROUDEY, INSEP-Paris, 2010)**.

-2 Les muscles :

-1 Structure du muscle squelettique :

Les muscles sont composés de fibres musculaires, fixées sur les os par les tendons et du tissu conjonctif, qui entoure les fibres musculaires et contient des vaisseaux sanguins, des nerfs et du tissu adipeux

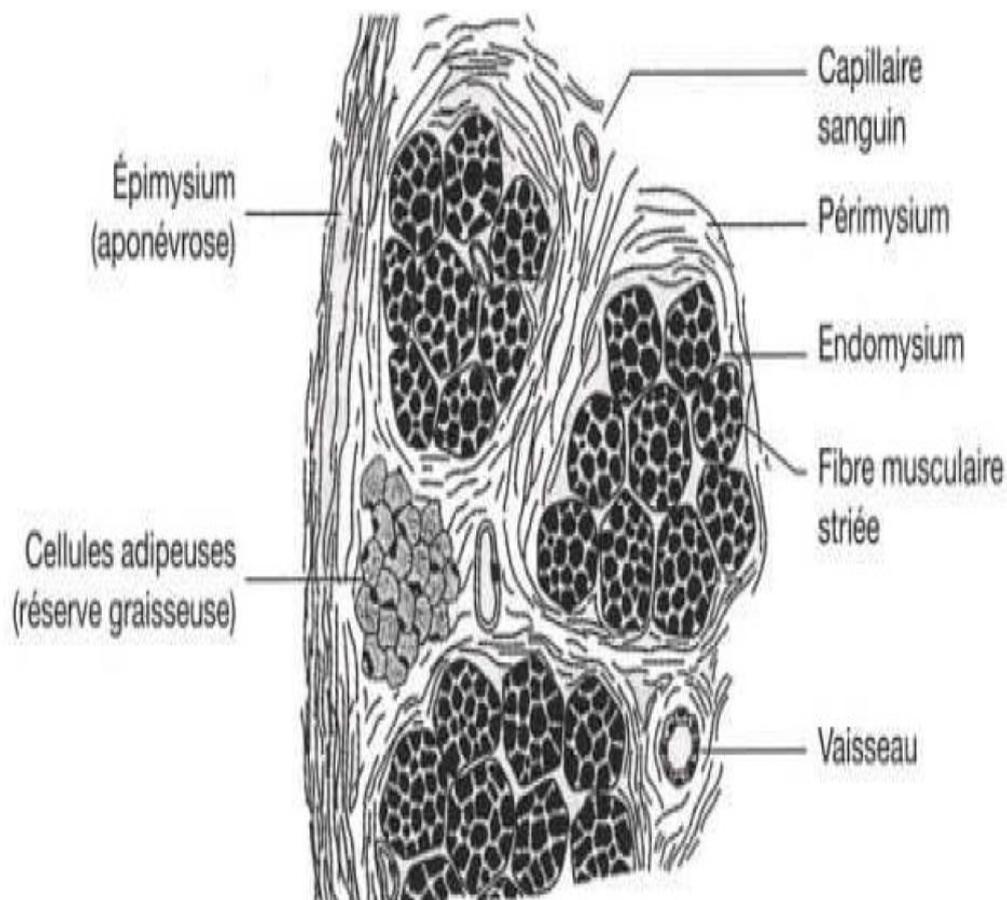


Figure 1 : Structure du muscle squelettique.

1.1. Les fibres musculaires :

Elles sont organisées en faisceaux ; ce sont de grandes cellules qui contiennent des fibrilles appelées myofibrilles disposées en parallèle et responsable de la contraction musculaire. Elles sont colorées par un pigment : la myoglobine qui sert de réserve d'O₂ à la cellule en vue de la contraction .

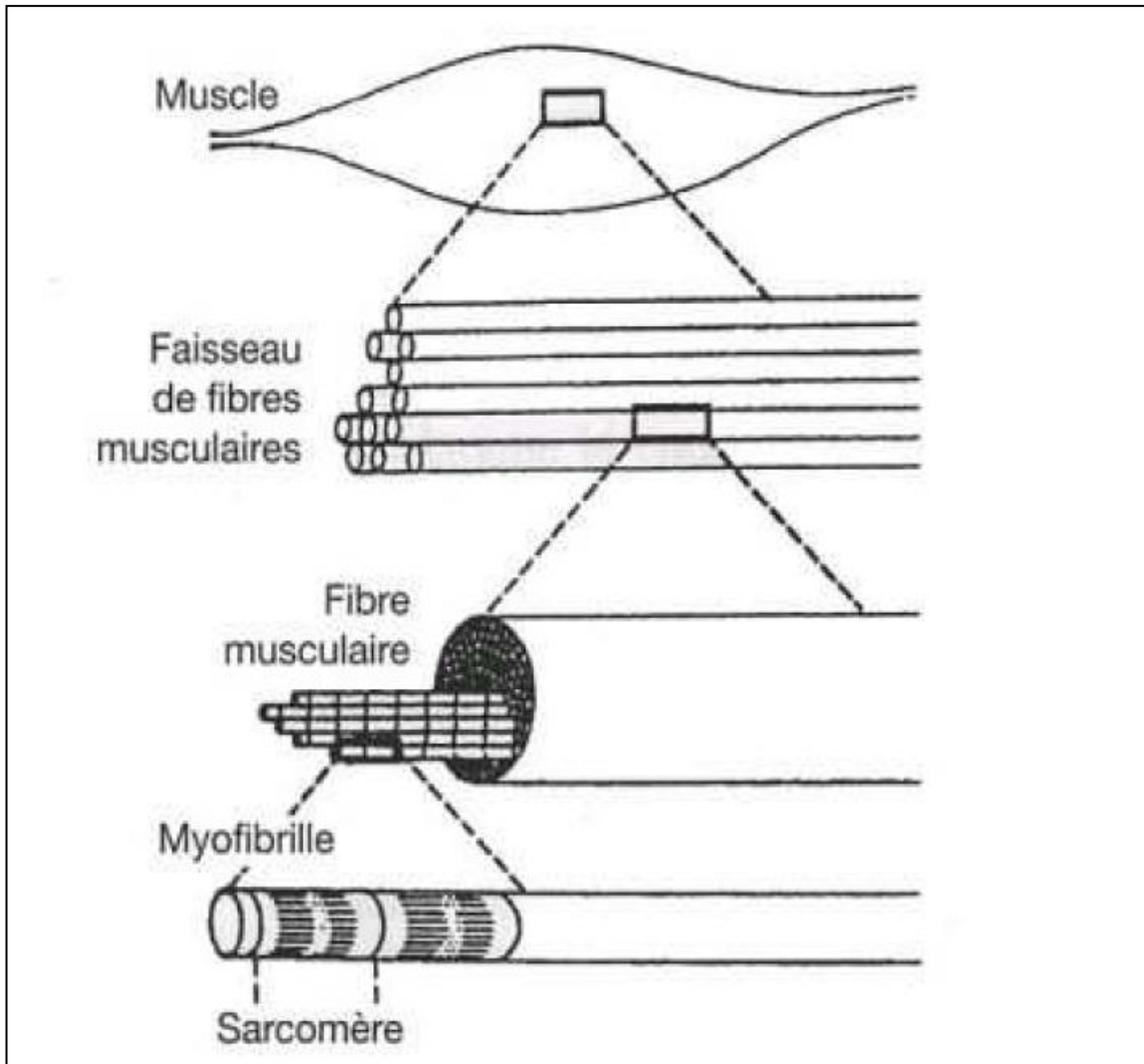


Figure 2 : Organisation générale du muscle (FREDOT E, 2005).

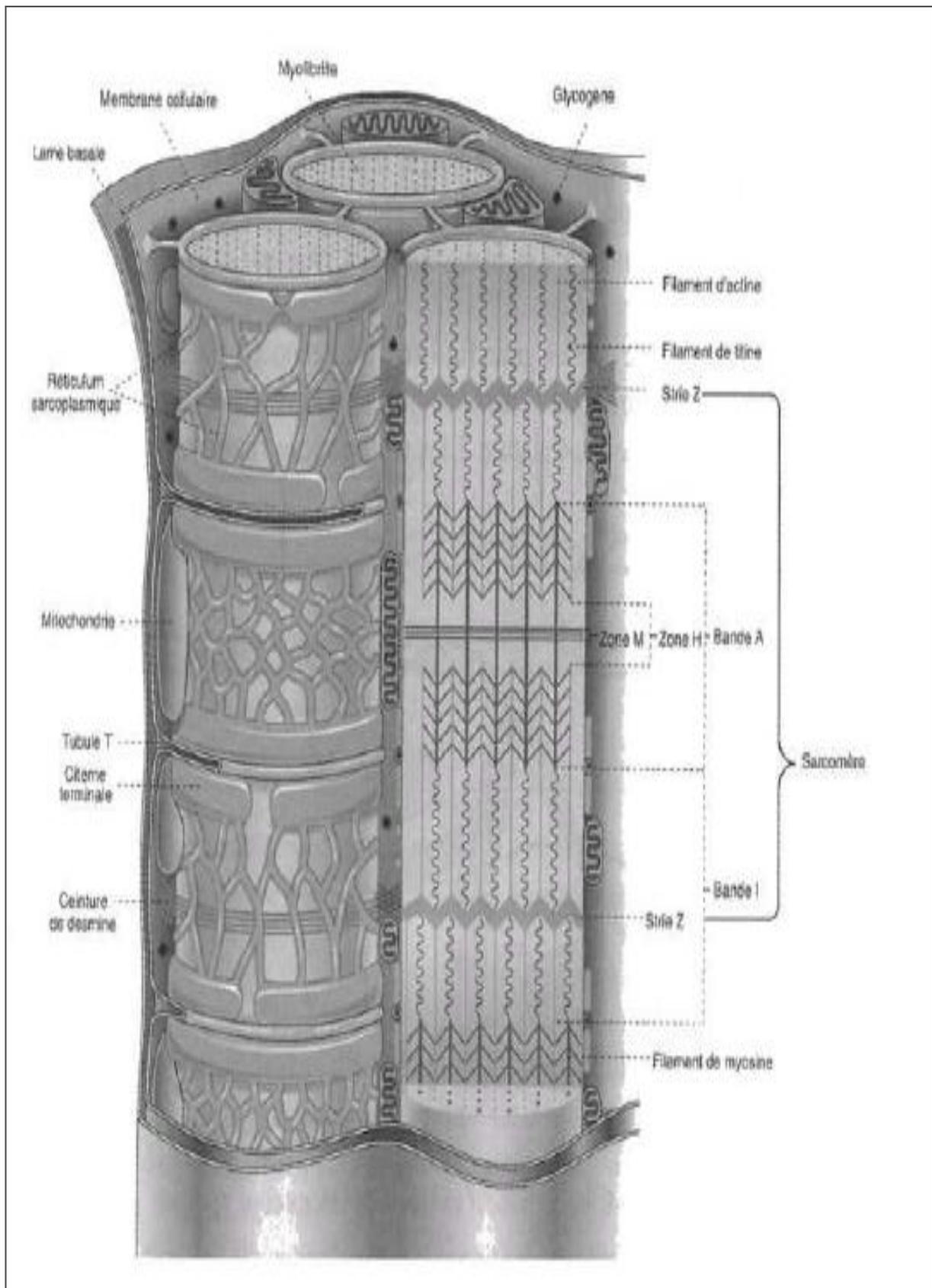


Figure 3 : Représentation schématique de l'appareil contractile et des structures membranaires de la cellule musculaire squelettique (d'après U. Welsch, Sobotta-Atlas d'histologie, EM Inter/Urban & Fischer, 2002).

1.2. Le tissu conjonctif :

C'est une trame qui assemble les faisceaux de fibres musculaires et qui joue un rôle de nutrition pour le muscle. Il est constitué de quatre (4) éléments principaux :

- Le collagène (80% du tissu conjonctif) ;
 - L'élastine ;
 - Les fibroblastes (cellules qui synthétisent le collagène et l'élastine) ;
 - La substance fondamentale qui est riche en mucopolysaccharides et qui contient des ramifications vasculaires et nerveuses ainsi que des cellules adipeuses.
- Moins il y a de tissu conjonctif, plus les fibres sont courtes et meilleure est la viande

3- Les différentes étapes de transformation des muscles en viandes :

Il se produit beaucoup de modifications entre l'abattage et la consommation qui permet la transformation du muscle en viande. Il s'agit en fait d'une suite de mécanismes qui s'enchainent en affectant différents composants chimiques du muscle ainsi que ses propriétés physiques (**FREDOT E, 2005**).

-le transport :

La fatigue et le stress des animaux se répercutent sur la qualité de la viande. En effet, plus les animaux seront stressés et fatigués et plus la viande sera de mauvaise qualité. Par conséquent, on essaie de limiter ces facteurs en ayant des temps de transport les plus courts possibles (**FREDOT E, 2005**)

-La stabulation :

C'est la mise en attente des animaux avant l'abattage. Ces conditions ont aussi été améliorées afin de corriger en partie les effets du stress de groupe souvent constaté lors de cette étape. De plus, les animaux sont soumis à une diète hydrique de manière à limiter la production de matières fécales, souvent très volumineuses, qui pourraient être responsables d'une contamination post mortem (**FREDOT E, 2005**).

-L'inspection sanitaire ante mortem :

On contrôle l'état de santé et l'hygiène générale des animaux qui doit être irréprochable. C'est un examen sanitaire qui permet d'éliminer de la chaîne d'abattage les animaux atteints de maladies ou de lésions ou présentant des signes pathologiques d'une maladie, aussi de protéger les manipulateurs) (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

-L'abattage :

Il doit se faire dans les meilleures conditions d'hygiène et les moins traumatisantes pour les animaux.

Il se divise en plusieurs étapes :

- anesthésie de l'animal ;**
- mort par électricité ou pointeau métallique**
- saignée :**

50% au plus du sang de la viande est éliminé ce qui limite la croissance bactérienne. Après l'abattage, l'arrêt de la circulation sanguine et la saignée privent donc les tissus musculaires d'oxygène ce qui modifie le métabolisme cellulaire

•dépouille (élimination de la peau) :

Elle a pour but l'enlèvement du cuir des animaux dans les meilleures conditions pour une bonne présentation et une bonne conservation des carcasses, ainsi que la récupération de la peau dans des conditions favorables à la conservation de sa qualité. La tête, la mamelle, les membres postérieurs et antérieurs sont aussi enlevés ; c'est une phase critique pour la contamination de la carcasse à partir du cuir, donc elle doit être faite de façon très rigoureuse et rapide (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

•L'éviscération :

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

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

•fente :

On découpe l'animal en deux parties symétriques ;

•inspection sanitaire de salubrité post mortem avec estampillage :

C'est la phase finale de l'examen de la carcasse, des abats et des issues. C'est l'inspection de la viande, le vétérinaire examine minutieusement chaque organe, pratique les incisions réglementaires, parfois même il peut faire une consigne de la carcasse suspecte pendant 1 à 3 jours pour suivre l'évolution certaines lésions (**FRAYSSE et DARRE, 1990**).

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

•pesée de la carcasse;

•marquage.

-refroidissement et la rigidité cadavérique:

La rigidité cadavérique, qui se produit 8 à 10 heures après l'abattage, est due à la transformation d'un complexe irréversible d'actomyosine par suppression des composés riches en énergie (ATP) à la suite du manque d'oxygène. Ainsi, le muscle se raccourcit, sa dureté augmente et la dégradation anaérobie du glycogène conduit à la formation d'acide lactique, ce qui abaisse le pH. Un refroidissement trop rapide de la carcasse pendant l'entrée en rigor mortis favorise la contraction et diminue la tendreté de la viande.

Cependant, le froid limite un abaissement trop rapide du pH ce qui provoque une dénaturation excessive des protéines et l'expulsion d'eau en grande quantité ce qui rendrait la viande dure. De plus, le froid ralentit la croissance des micro-organismes de contamination. C'est pourquoi, en pratique, le refroidissement est dosé de telle sorte que le muscle entre en rigor mortis entre 14 et 19°C.

- La maturation :

C'est la conservation en chambre froide (15 jours à 3 semaines) de la viande avant sa commercialisation. Elle correspond à la résolution de la rigidité cadavérique par des phénomènes de dégradations physiques et chimiques dans le muscle sous l'effet d'enzyme protéolytiques appelées

cathepsines. Ces enzymes sont libérées et activées dans le tissu musculaire par l'abaissement du pH.

La viande commence alors à s'attendrir progressivement et développe ainsi ses qualités organoleptiques.

Le temps de la maturation est donc fonction du volume de la carcasse et de la température de stockage. D'un point de vue biochimique nous assistons à :

- une altération des stries Z des myofibrilles ;

- un affaiblissement des liaisons reliant les protéines contractiles des fibres musculaires. Elles deviennent alors plus solubles ce qui augmente la tendreté de la viande

- une dénaturation des protéines du sarcoplasme en particulier la myoglobine qui devient plus oxydable ;

- Une poursuite de la dégradation de l'ATP en IMP (inosine mono phosphate) ;

- Une Déphosphorylation de l'IMP qui se transforme alors en hypoxanthine dont le taux est un bon indice de maturation

- Une libération de composés organoleptiques responsable de la saveur et de la flaveur de la viande (**FREDOT E, 2005**).

Chapitre2 : Qualité des viandes rouges

1-Valeur hygiénique de la viande :

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

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

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

Cette caractéristique doit satisfaire aux normes sanitaires et règlements en vigueur.

Ainsi, ne peuvent être mis sur le marché que des aliments ne présentant aucun risque pour la santé.

2- Les qualités organoleptiques :

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

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

Ces sensations peuvent se classer suivant trois modalités :

-qualitative, déterminant la nature de la chose, qui est la caractéristique de ce qui est perçu.

-quantitative, qui représente l'intensité de cette sensation.

-hédoniste, qui caractérise le plaisir ressenti par l'individu.

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

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

(TOURAILLE.C1994)

2-1) La couleur :

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

Différentes enquêtes ont démontré que dans le domaine de la boucherie, le client est d'abord réceptif à ce qu'il voit. La couleur, première caractéristique perçue par le

consommateur, joue un rôle décisif au moment de l'achat car elle est instinctivement rattachée à la fraîcheur du produit. D'ailleurs, dans le système moderne de distribution, c'est souvent le seul critère dont il dispose.

La myoglobine (transporteur de l'oxygène dans le muscle) est le principal pigment responsable de la couleur de la viande. C'est une chromoprotéine constituée d'un groupement 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.

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

Tableau3: Couleur de la viande (TOURAILLE.C,1994)

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

La forme réduite correspond au pigment du muscle en profondeur et à celui de la viande conservée sous vide. Au contact de l'air et du froid, la myoglobine se combine avec l'oxygène formant ainsi l'oxymyoglobine, de couleur rouge vif. Cette teinte de la viande est synonyme de fraîcheur et donc recherchée par le consommateur.

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

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

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

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

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

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**)

2-2) La jutosité :

Appelée aussi succulence, elle caractérise la faculté d'exsudation de la viande au moment de la dégustation. Le facteur essentiel qui va jouer sur la jutosité est le pouvoir de rétention d'eau du muscle (PRE). Le pouvoir de rétention d'eau le pouvoir de rétention d'eau du muscle et par la suite de la viande est la faculté de la viande conservée, 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 est fixée par des forces électrostatiques aux groupements fonctionnels des protéines du muscle.

L'eau libre est associée à des substances dissoutes. Elle comprend l'eau immobilisée dans les espaces extracellulaire (20% de l'eau libre) et l'eau retenue par les myofibrilles (70% de l'eau libre) et le réticulum sarcoplasmique (10% de l'eau libre). Le pouvoir de rétention d'eau dépend de l'eau retenue au niveau des myofibrilles, celle-ci dépendant de la structure spéciale des protéines des fibres musculaires. Lorsque la distance entre les chaînes protéiques s'agrandit, le pouvoir de rétention d'eau augmente. Dans le cas inverse il diminue. Le tissu conjonctif résiduel n'a aucune incidence pratique sur le pouvoir de rétention d'eau de la viande.

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

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

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

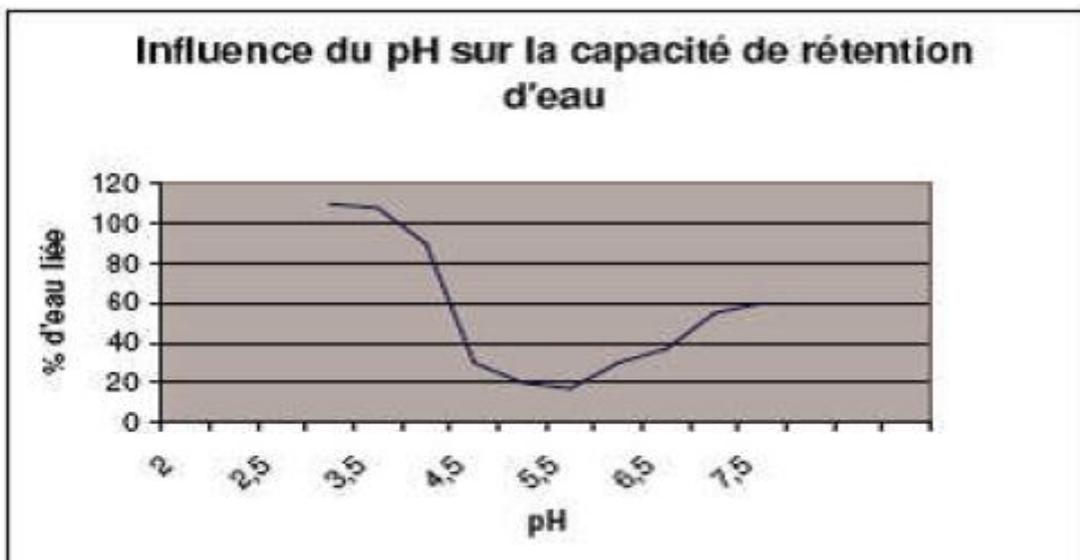


Figure4 : influence du ph sur la capacité de rétention d'eau

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

En conclusion, nombreuses sont les qualités qui peuvent définir une viande bovine, les qualités organoleptiques demeurent cependant les plus complexes à analyser car elles font tant appel à un jugement objectif que subjectif, (LAMELOISE.P,ROUSSEL-CIQUARD.N,ROSSET.R,1984)

2-3) La tendreté :

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

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

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

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

La durée de conservation nécessaire à l'obtention d'une tendreté optimale varie la température : 8 jours à 6°C, 14 jours à 2°C, 16 jours à 0°C.

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

L'augmentation de la tendreté de la viande au cours de la maturation est liée à un affaiblissement de la structure myofibrillaire. A l'origine de cet affaiblissement, on trouve une dégradation des protéines de structure et des liaisons intermoléculaires sous l'action d'enzymes endogènes.

- Modification de la structure myofibrillaire :

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

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

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

L'augmentation de l'IFM au cours de la maturation est proportionnelle à l'augmentation de la tendreté. Cela signifie que la fragmentation des myofibrilles est l'un des mécanismes responsables de l'attendrissage post mortem de la viande. **(LAMELOISE.P,ROUSSEL-CIQUARD.N,ROSSET.R,1984)**

- Evolution des protéines :

La solubilité des protéines myofibrillaires augmente au cours de la maturation. Cette augmentation résulte de l'affaiblissement des liaisons intra ou intermoléculaire, les molécules concernées étant vraisemblablement les protéines de la zone de jonction strie Z disque I ou les protéines du complexe actine/myosine. L'augmentation de la stabilité des protéines myofibrillaires est corrélée positivement à l'augmentation de la tendreté.

- Activités enzymatiques au cours de la maturation :

Il existe dans le muscle des systèmes enzymatiques capables de reproduire les modifications observées au cours de la maturation. Il s'agit du CAF, protéase neutre activée par les ions Ca²⁺ et des cathepsines B et D qui sont des enzymes lysosomiales.

Il a été démontré in vitro :

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

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

Les conditions dans lesquelles ces enzymes sont présentes dans le muscle (PH, concentration en Ca²⁺, présence d'inhibiteur) sont très éloignées des conditions optimales d'action. Ces enzymes ont donc in situ une action très limitée mais qui peut être tenue

responsable cependant de l'augmentation de la tendreté
(BRENTERCH.Y,CAZEAU.O,CREC'HRIOU.R, 1997)

3- Méthodes de mesure des qualités organoleptiques :

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

3-1) Evaluation de la couleur :

3-1-1) Evaluation instrumentale :

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

Méthodes physico-chimique :

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

-le fer héminique, approche quantitative de la quantité de myoglobine musculaire.

-les différentes formes de la myoglobine dans le morceau (état oxygéné, oxydé, réduit)

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

Mais il est aussi possible de mesurer le PH et ses variations, de doser le glycogène musculaire ou différents type de fibres ou encore le gras intra musculaire. Il faut cependant noter que la grande majorité de ces mesures nécessite un laboratoire spécialisé, seules les mesures de l'hématocrite et du PH sont réalisables. (DENOYELLE.C,BROUARD.S, LEGRAND.I, QUILICHINI.Y2000)

Méthodes physique :

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

Ces mesures de couleur par réflectance ne doivent pas se faire tant que le PH ultime n'est pas atteint Le muscle recommandé pour faire la mesure est le longissimus dorsi prélevé entre la 8ème vertèbre thoracique et la 1ère vertèbre lombaire. En labattoir, la couleur de la viande est appréciée à l'aide d'un réflectomètre qui prend en compte à la fois la muïnosité et la composante rouge de la couleur. Au laboratoire, la surface sur laquelle s'effectue la mesure doit être au besoin rafraichie et exposée à l'air au minimum une heure à 3°C de façon à oxygéner le pigment. Avec un colorimètre, il est possible d'identifier toutes les couleurs dans un espace tridimensionnel à l'aide des coordonnées trichromatiques X, Y, Z (RENERRE.M.2006)

Les méthodes instrumentales présentent l'énorme avantage d'être objectives donc répétables être productibles. Par contre, nombre de méthodes sont indirectes dans le sens où elles ne

mesurent que des indicateurs de couleur dont la pertinence n'est pas toujours évidente à juger. Il est donc indispensable d'associer méthodes instrumentales et méthodes sensorielles. **(MOEVI.I.2006)**

3-1-2) Evaluation sensorielle :

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

Plus précisément, cette évaluation peut concerner :

-L'intensité de la pigmentation d'une viande fraîche ; la grille comporte alors 4 classes d'intensité allant du ^rouge très claire^ au ^rouge foncé^.

-L'altération de la couleur en cours de conservation ; la grille comporte en général 5 classes allant du statut ^aucune altération de la couleur^ à ^altération de la couleur maximales^.

-La ^normalité^ de la coloration pour le type de viande concerné (détection d'éventuels problèmes de viande P.S.E ou D.F.D). **(ROCHE.B,DEDIEU.B,INGRAND.S.2000)**

3-2) Evaluation de la jutosité :

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

Les méthodes utilisées pour la préparation des échantillons (choix des muscles, type de cuisson, température...) sont très variables selon les équipes de recherche. **(GEAY.Y,BAUCHART.D,HOCQUETTE.J-F,CULIOLI.J,2003)**

3-3) Evaluation de la tendreté :

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

Ainsi, on distingue des méthodes dites « de terrain », utilisées par les professionnels dans le but de prévoir la tendreté d'une carcasse, et méthodes « de laboratoire », utilisées pour tenter de mesurer la tendreté de la viande. **(BRENTERCH.Y, CAZEAU.O, CREC'HRIOU.R, 1997)**

3-3-1) Les méthodes de terrain :

Les professionnels de la viande utilisent la méthode la pression du pouce qui leur permet de trouver la délimitation entre les zones tendres et les zones dures du muscle. On classe ainsi les morceaux en trois catégories :

- garantie tendre
- tendre
- à attendre

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

Cette méthode est la plus précise dans l'évaluation de la tendreté car ses résultats sont les plus proches des résultats ressentis par le consommateur lors de la dégustation de la viande. **(FRENCIA.J.P, THOMAS.E, DUFOUR.E 2005)**

3-3-2) Les méthodes de laboratoire :

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

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

-Les appareils empiriques, avec lesquels on tente de caractériser le milieu et où le paramètre pris en compte est le maximum de force, qui n'est pas relié aux propriétés du milieu.

-Les appareils imitatifs qui tentent de produire l'action des dents.

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

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

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

Pour conclure, une étude de 2005 a permis de mettre en évidence de nouveaux indicateurs de la tendreté en utilisant l'analyse de l'ensemble des protéines présentes dans les cellules. Les premiers résultats démontrent que l'expression de ces protéines est variable quantitativement en fonction de la race des animaux. Ces protéines pourraient donc devenir des indicateurs potentiels de tendreté. **(VOTE.D.J, BELK.K.E, TATUM.J.D, SCANGA.J.A, SMITH.G.C 2003)**

4- Les moyens pour obtenir une viande de bonne qualité :

4-1) La couleur :

4-1-1) Influence génétique :

Les différences de la couleur de viande entre races sont en partie liées aux différences d'adiposité.

RENARD et **GEAY** démontrent pourtant que l'on ne peut pas conclure à l'existence de différences significatives entre races. Le coefficient d'héritabilité intra-race demeure faible

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

4-1-2) Influence de l'alimentation :

La couleur dépend de la teneur et de la myoglobine et de structure du muscle . Les conditions alimentaires peuvent modifier ces paramètres. **(WOLTER.R,1997)**

4-1-2-1) Effet de la nature de la ration :

La teneur en pigment, qui augmente avec l'âge, est influencée par la nature de l'alimentation du ruminant essentiellement dans le cas d'animaux jeunes et en état d'anémie ferriprive, comme le veau de boucherie. **(PRIOLO.A,MICOL.D,AGABRIEL.2000)**

Chez les bovins en croissance plus âgés, une pigmentation plus marquée et une couleur plus intense ont été observées avec un régime d'herbe pâturée, comparativement à un régime riche en concentré distribué à l'auge. Cependant , ceci serait dû d'avenage à l'activité physique plus intense des animaux au pâturage et au plus faible niveau alimentaire qu'à la nature de la ration sensu stricto.

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

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

En ce qui concerne la vitamine E, il faut savoir qu'elle est 5 à 10 fois plus abondante dans tous les fourrages verts que les céréales mais se dégrade rapidement au cours du séchage (-40%), beaucoup moins au cours de la déshydratation (-12%). L'ensilage est la forme de conservation des fourrages la plus favorable à la conservation de la vitamine E.

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

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

4-1-2-2) Effet du niveau alimentaire :

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

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

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

4-2-2) Effet zootechnique :

4-2-2-1) Influence de l'âge d'abattage :

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

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

4-2) La jutosité :

4-2-1) Influence de la génétique :

Comme pour la couleur, les différences de jutosité de viande entre les races sont en partie liées aux différences d'adiposité. **RENAND** et **GEAY** démontrent que l'on ne peut conclure à l'existence de différences significatives entre races. Le coefficient d'héritabilité intra-race est faible (jutosité h^2 0,10). Certains points se distinguent, tels qu'une liaison génétique entre

flaveur et teneur en lipides intramusculaire plus marquée que celle concernant la jutosité ou la flaveur.

4-2-2) Influence de l'alimentation :

La jutosité de la viande a fait l'objet de beaucoup moins d'études que les autres qualités organoleptiques. Ceci est sans doute dû, en partie, au fait que ce critère de qualité est moins important, de l'avis des consommateurs, que la tendreté ou la couleur. La jutosité dépend d'abord de l'aptitude à libérer de l'eau, laquelle est optimale pour un pH voisin de 5,8. Celui-ci est tributaire d'une teneur en glycogène au moment de l'abattage induisant une baisse satisfaisante du pH au cours de la maturation post mortem. La jutosité est également conditionnée par l'état d'engraissement, plus particulièrement par l'abondance de la graisse intramusculaire ou persillée. En outre, la jutosité est difficile à mesurer de façon instrumentale et n'est appréciée que par des jurys de dégustation dont la mise en œuvre est plus lourde.

Les méthodes utilisées pour la préparation des échantillons sont très variables selon les travaux réalisés. De plus, aucune étude n'a cherché à faire varier ce critère sans modifier les autres qualités sensorielles, or, elles interfèrent fortement avec la jutosité. Les résultats d'études concernant le rôle de l'alimentation sont contradictoires. Certains estiment que la nature de la ration n'influe pas sur la jutosité.

Il n'y a aucune différence significative entre des viandes de taurillons alimentés au pâturage ou à l'auge avec des céréales, malgré des différences d'adiposité et de tendreté de la viande. De même une autre étude conclut à l'absence de différence de jutosité entre des viandes de bouvillons recevant à l'auge soit une ration d'ensilage de luzerne, soit une alimentation riche en aliments concentrés. En revanche, une étude conclut que la viande de taurillons engraisés au foin a présenté une jutosité plus grande que celle issue de taurillons alimentés avec de l'ensilage d'herbe. D'autre part, les relations existantes entre jutosité et teneur en lipides sont délicates à évaluer. En fonction des études elles varient avec le muscle étudié, l'alourdissement des carcasses, le niveau d'apport en protéine et le niveau d'apport en énergie, modifiant eux même le taux d'accroissement du muscle.

La jutosité, très complexe à évaluer, reste très subjective. Les possibilités de modifier la jutosité de la viande par le biais de la nutrition apparaissent donc très controversées et des essais complémentaires et concordants sont nécessaire avant de pouvoir définir une stratégie. **(GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J.2002)**

4-2-3) Effet zootechnique :

4-2-3-1) Influence de l'âge d'abattage :

Le type de fibres joue un rôle déterminant sur l'intensité de la flaveur et de la jutosité. Bien que le nombre de fibres dans un muscle considéré soit relativement fixé à la naissance, la proportion des différents types de fibres n'est pas constante dans la plupart des muscles.

Durant la première partie de la vie, au moins jusqu'à 12 mois chez les bovins mâles, divers auteurs ont montré une graduelle réduction de la proportion de fibres II a au bénéfice des fibres IIb. L'activité glycolytique du muscle s'accroît. Après 12 mois, chez les mâles entiers, cette évolution se ralentit puis s'inverse progressivement : l'activité oxydative se développe. En revanche le nombre de fibres à contraction lente (de type I) reste constant quel que soit l'âge. Ainsi, l'accroissement au cours du vieillissement de l'activité oxydative peut-il être relié à l'augmentation de l'adiposité et par suite à celle de l'intensité de la jutosité et de la flaveur. **(RENERRE.M, 2006)**

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

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

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

4-2-3-2) Effet du sexe et de la castration :

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

4-2-4) Evolution au cours de la cuisson :

L'élévation de la température entraîne des modifications importantes de la structure des protéines et une diminution de la solubilité des protéines sarcoplasmiques. Ces phénomènes s'accompagnent d'une baisse du pouvoir de rétention d'eau, d'une rupture des liaisons de l'eau suivie de sa migration hors du morceau. Cette migration détermine les pertes de poids de la viande à la cuisson. Dès 40°C, le pouvoir de rétention d'eau de la viande est modifié et une certaine quantité d'eau est donc susceptible de migrer hors du morceau si les conditions de chauffage lui en laissent le temps. Les différents effets décrits précédemment démontrent l'importance de la cuisson pour la révélation de la jutosité d'une viande. Comme pour la couleur, il apparaît que la jutosité est dépendante de nombreux facteurs et que leurs variations ne sont pas nécessairement bénéfiques aux autres qualités organoleptiques. (LAMELOISE.P.1984)

4-3) La tendreté;

4-3-1) Influence de la génétique :

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

4-3-1-1) La teneur en lipides :

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

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

A l'inverse, une étude européenne affirme qu'il n'existe aucune relation entre tendreté et teneur en lipides intramusculaires. Il est utile de noter dès à présent l'importance des conditions d'expérimentation.

En effet, les différences de résultats obtenus concernant les études sur la tendreté opposent études européennes et études américaines. Les habitudes alimentaires sur ces deux continents présentent de telles disparités de modes de cuisson et de cuisine que leurs répercussions sur la perception de la tendreté d'une viande et donc les résultats des études sont inévitables. Cependant, toutes ces études s'accordent pour dire que, à l'inverse des corrélations phénotypiques faibles, les corrélations génétiques sont assez élevées entre la note

de persillée d'une part et la note de tendreté ou la force de cisaillement d'autre part.
(BROUARD.S, RENAND.G, TURIN.F,2001)

Chapitre03 :

Evolution microbiologique de la viande bovine

1- contamination des viandes par les micro-organismes :

Selon le type de viande et les caractéristiques microbiologiques attendues, les micro-organismes susceptibles d'être pris en considération peuvent être de diverses natures : on parle de « contaminants microbiologiques » ce qui inclut les bactéries, les virus, les levures, les moisissures, les algues, les parasites, les protozoaires et les helminthes ainsi que leurs toxines ou les produits de leur métabolisme (**Jouve J.L,1998**)

1-1 les bactéries :

Ainsi, les bactéries à rechercher et/ou à dénombrer peuvent être de deux types :

- Les bactéries « marqueurs » ou bactéries témoins de contamination ;
- Les bactéries « pathogènes » (et /ou leurs toxines) (**Jouve J.L, 1998**).

1-1-1 les marqueurs ou bactéries témoins de contamination :

- Certaines bactéries ou groupes bactériens mis en évidence par des tests spécifiques peuvent être considérés comme témoins de contamination d'origine humaine ou fécale et indiquer la présence possible de pathogènes d'écologie similaire. Ainsi en est-il par exemple de *Staphylococcus aureus* témoin de contamination cutanéomuqueuse ; du groupe des coliformes fécaux regroupant notamment *E. coli*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, des entérocoques, témoins de contamination fécale (**Jouve J.L,1998**).

- D'autres groupes bactériens témoignent d'une contamination en cours de processus et plus particulièrement d'une recontamination après traitement thermique, tel est le cas du groupe des coliformes totaux incluant non seulement des espèces communes dans les fèces humaines ou animales comme *E.coli*, mais surtout des micro-organismes ubiquistes tel que *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Erwinia*, *Aeromonas* (**Jouve J.L,1998**).

La présence de ces bactéries (coliformes totaux ou *Enterobacteriaceae*) ne doit pas être corrélée à une éventuelle contamination d'origine fécale : elle indique seulement un défaut de maîtrise de l'hygiène générale (**Jouve J.L,1998**).

1-1-1-2 les bactéries pathogènes :

Les bactéries pathogènes sont celles rencontrées en pratique dans un aliment, celui-ci pouvons alors devenir le vecteur de maladies transmissibles, en particulier de toxi-infections alimentaires. La liste de ces agents pathogènes peut être longue ; elle ne saurait être exhaustive, compte tenu de l'émergence permanente de nouveaux agents pathogènes et de l'évolution constante des connaissances. A partir d'une telle liste, le choix des pathogènes à retenir dépend du type de produits considérés (**Jouve J.L,1998**).

De façon générale toutefois, il est devenu classique de regrouper certains pathogènes parmi les plus fréquemment rencontrés dans les aliments selon la gravité des conséquences liées à leur présence, à des niveaux indésirables, on peut distinguer ainsi :

- Risque grave, par exemple : *Clostridium botulinum*, *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella typhi et paratyphi A et B*, *Brucella (abortus, melitensis, suis)*, *mycobacterium bovis*.
- Risque modéré, avec possibilité de large diffusion, par exemple : *Salmonella ubiquitaires*, *Escherichia coli vérotoxino-gènes*, *Streptococcus pyogènes*, *listeria monocytogenes*.
- Risque Modéré, avec diffusion limitée, par exemple : *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Coxiella burnetti*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*.

Les bactéries listées sous la rubrique « risque modéré, avec possibilité de large diffusion » sont associées initialement à certains produits spécifiques ; elles peuvent faire l'objet d'une dissémination par contamination de l'environnement ou par contamination croisée. La quantité nécessaire pour déterminer la maladie peut être basse (**Jouve J.L, 1998**).

Les bactéries listées sous la rubrique « risque modéré, avec diffusion limitée » peuvent être présentes dans de nombreux aliments, généralement en faible quantité. Le plus souvent, la maladie fait suite à l'ingestion d'aliments contenant un nombre élevé de ces pathogènes (ou un nombre permettant l'élaboration et/ou l'accumulation d'une quantité suffisante de toxine) (**Jouve J.L, 1998**).

A noter dans tous les cas que la simple détection, par un test de présence / absence de certains micro-organismes connus pour provoquer des toxi-infections alimentaires (par exemple : *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* ou *vibrio parahaemolyticus*) n'indique pas nécessairement que le lot de l'aliment concerné constitue une menace pour

la santé des consommateurs (**Jouve J.L, 1998**).

1-1-1-3 Les Enterobacteriaceae :

Les *Enterobacteriaceae* ou entérobactéries appartiennent à une famille de courts bâtonnets Gram négatifs, de 0,3 à 1,0 µm de diamètre sur 1,0 à 6,0 µm de longueur, dont certains sont mobiles au moyen de flagelles péritriches et d'autres immobiles. Toutes les espèces sont anaérobies facultatifs, fermentent le glucose et sont oxydase négatives. Il s'agit d'un groupe biochimiquement et génétiquement apparenté, présentant une grande hétérogénéité du point de vue écologie, hôtes et potentiel pathogène pour l'homme, les animaux, les insectes et les plantes (**Ghafir et Daube, 2007**).

Cette famille inclut plusieurs genres et espèces de bactéries pathogènes intestinales (*Shigella*, *Salmonella* et les souches pathogènes de *Yersinia* et d'*E. coli*). Elle comprend également de nombreux genres présents naturellement dans l'environnement, y compris sur les plantes, sans être d'origine fécale ni associés à des maladies d'origine alimentaire (**Ray, 2001**).



Figure 5 :
Enterobacter.
(Anonyme1)

Parmi les entérobactéries, les souches qui habituellement fermentent le lactose, avec production d'acide et souvent de gaz, sont appelées «coliformes» et comprennent des espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia* et *Klebsiella*. Cependant, certains médecins microbiologistes incluent les espèces des genres *Edwardsiella*, *Hafnia* et *Serratia*, en dépit de leur incapacité habituelle à fermenter le lactose. Certaines souches psychrotrophes, poussent bien à des températures froides, mais montrant une faible inhibition à 37 °C (**Mead, 2007**).

D'autres souches d'entérobactéries par exemple, peuvent être impliquées

dans l'altération de la viande rouge et la volaille, en particulier dans des conditions de durée de vie prolongée (**García-López et al., 1998**).

Un autre sous ensemble du groupe des coliformes comprend les «coliformes fécaux» qui fermentent le lactose à $44,5 \pm 0,2$ °C et qui sont parfois dénommés «thermo-tolérants». L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans une moindre mesure le genre *Klebsiella* (**Mead, 2007**).

Dans les denrées alimentaires d'origine animale, les entérobactéries sont d'origine intestinale ou environnementale et indiquent un défaut d'hygiène lors des processus de fabrication (**Mead, 2007**).

□ *Escherichia coli*

Escherichia coli fait partie de la famille des *Enterobacteriaceae*. Il s'agit de courts bâtonnets mobiles au moyen de flagelles péritriches Gram négatifs, anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase négative, mesurant de 2 à 4 µm de long et d'un diamètre d'environ 0,6 µm (**Feng, 2001 ; Eslava et al., 2003**).

Ils sont capables de fermenter plusieurs sucres, mais leur fermentation du lactose avec production de gaz est caractéristique. La multiplication à 44°C (optimum 40 °C et extrême à 45,5 °C), la production d'indole et la présence d'une activité β-glucuronidase, sont également caractéristiques. Les espèces de *E. coli* sont sérotypées en se basant sur leurs 173 antigènes somatiques(O), 56 antigènes flagellaires (H) et 80 antigènes capsulaires (K) (**Feng, 2001 ; Eslava et al., 2003**).

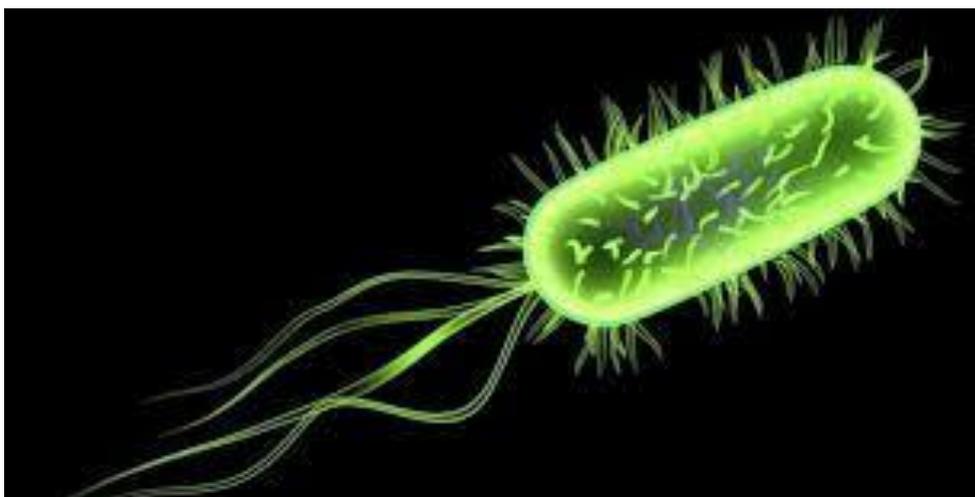


Figure 6 : *Escherichia coli*
(Anonyme2)

Etant l'espèce bactérienne anaérobie facultative prédominante dans l'intestin et les fèces, la présence de *E. coli* dans les aliments et l'eau est considérée comme une indication de contamination fécale et, dès lors, l'indication d'une possible présence de microorganismes pathogènes d'origine fécale. La surveillance d'*E.coli* représente le meilleur indicateur d'hygiène des procédés pour suivre la contamination fécale d'un aliment **(UE, 2007)**, mais aucun critère de sécurité n'est pour le moment fixé dans la réglementation Européenne. La contamination a lieu le plus souvent lors de la production et de la transformation d'aliments crus d'origine animale, ou indirectement, via la contamination par de l'eau contaminée **(Feng,2001; Ray, 2001; Eslava et al., 2003)**.

Dans les filières de production carnée, la principale source de contamination des denrées alimentaires par *E. coli* est le tractus intestinal des animaux. Leur présence indique un défaut de la technique d'abattage, ou une contamination croisée, mais peut également être due à une contamination par les personnes manipulant les denrées alimentaires **(Fernandes, 2009 ; Bailly et al., 2012)**.

Les germes *E. coli* sont normalement présents parmi la microflore digestive de l'homme et de nombreux animaux à sang chaud, comme par exemple les bovins. La plupart des *E. coli* sont sans danger pour l'homme et l'animal **(Fernandes, 2009 ; Bailly et al., 2012)**.

Cependant certaines souches sont pathogènes pour l'homme, à l'exemple de *Escherichia coli* entéro-hémorragiques ou EHEC (*Entero- Hemorrhagic E. coli*), dont la plus connue est *E. coli* O157:H7 et ayant un lien épidémiologique assez étroit avec le bœuf **(Fernandes, 2009 ; Bailly et al., 2012)**.

La principale maladie qu'elles provoquent chez l'homme est la colite hémorragique. Outre la colite hémorragique, les EHEC peuvent causer de la diarrhée, le syndrome hémolytique et urémique (SHU) principalement chez le jeune enfant ou le micro-angiopathie thrombotique (MAT) chez l'adulte **(Feng, 2001 ; Ray, 2001)**.

Les EHEC libèrent des toxines, les shigatoxines (encore appelées vérotoxines), qui induisent des lésions de l'endothélium vasculaire, principalement intestinal, rénal et cérébral. Les shigatoxines, *Stx1* et *Stx2*, sont codées par les gènes *stx* **(ANSES, 2011)**.

Toute souche de *E. coli* possédant un gène *stx* est appelée *E. coli* producteur de shigatoxine ou STEC (shigatoxin-producing *E. coli*) ou encore VTEC (verotoxin-producing *E. coli*). La prévalence du portage de STEC par les bovins varie en fonction des élevages. Les sources du danger sont les animaux porteurs, les sols contaminés (prairies, champs), les eaux superficielles contaminées par des déjections animales ou d'engrais de fermes, les

aliments (herbes, fourrages) et l'eau d'abreuvement des animaux **(ANSES, 2011)**.

Les infections sont le plus souvent causées par la consommation de viande de bœuf contaminée et insuffisamment cuite, mais peuvent également être dues à la consommation d'eau, de lait cru, de fruits, de légumes, à des baignades et à des contacts entre personnes **(Feng, 2001)**.

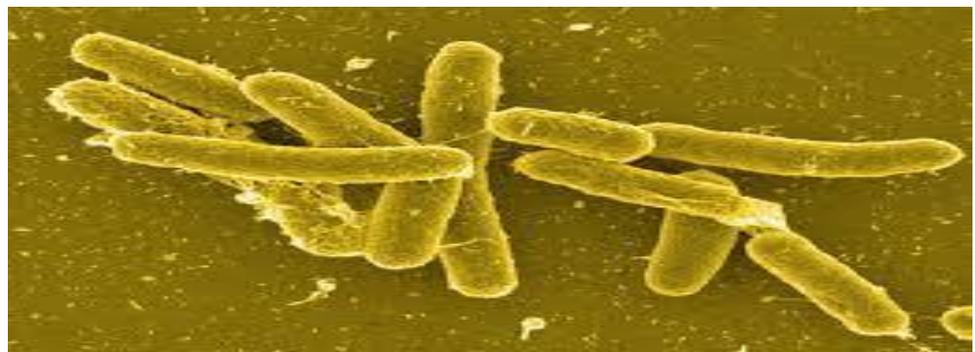
Le temps de réduction décimal est compris entre 0,5 à 3 mn à 60 °C, mais une augmentation de la thermo-résistance est possible si la viande est fortement riche en matière grasse **(ANSES, 2011)**.

La relation dose-effet est faible ; six bactéries d'*E. coli*O157:H7 par gramme de steak haché de bœuf ingéré ont entraîné une épidémie en France en 2005. Quant à la relation dose- réponse, elle est estimée à 300 à 600 bactéries pour provoquer chez les enfants de 5 à 10 ans le syndrome hémolytique et urémique **(ANSES, 2011)**.

□ **Salmonella**

Les bactéries du genre *Salmonella* appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Genre regroupant de petits bacilles Gram négatif habituellement mobiles par des cils péritriches, mais des mutants immobiles peuvent exister et *S. gallinarum* est toujours immobile. Ces bactéries mesurent 0,7 à 1,5 µm de diamètre, pour 2 à 5 µm de longueur et sont aéro-anaérobies facultatives, oxydase négatives et nitrate réductase positives **(Fosse et al., 2004)**.

Elles sont mésophiles, capables de se développer à des températures comprises entre 5,2 °C et 47 °C et de manière optimale entre 35 et 37 °C, à des pH compris entre 4,5 et 9 et une à supérieure à 0,93 **(Fosse et al., 2004)**.



**Figure7 : Salmonella
(Anynome3)**

Au sein de la sous espèce *Salmonella entericaenterica*, il existe plus de 2400 sérotypes différents parmi lesquels certains sont potentiellement pathogènes pour l'homme. Il s'agit de sérotypes ubiquistes qui peuvent être hébergés dans le tube digestif de l'homme, des animaux domestiques et sauvages, des animaux de compagnie et plus particulièrement des volailles pour *S. enteritidis*. En ce qui concerne la viande bovine, *S. dublin* est également souvent incriminée. Cette dernière peut être hébergée dans le tube digestif des bovins et de l'homme **(AFSSA, 2002)**.

Les intoxications à salmonelles dues aux viandes sont sérieuses tant par le nombre de malades que par la gravité des symptômes. L'ingestion de 10¹ à 10¹¹ cellules de *Salmonella* peut déclencher une infection se manifestant par une fièvre à 39 °C – 40 °C, des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements et un syndrome diarrhéique caractérisé par des selles liquides et fétides **(AFSSA, 2002)**.

Tous les sérotypes peuvent être impliqués; ils varient avec les pays et les époques. *Salmonella* non typhoïdiennes provoquent des abcès dans différents tissus, voire une septicémie. Ces germes résistent au pH acide de l'estomac, entrent en compétition avec la flore normale de l'intestin grêle et franchissent la barrière épithéliale pour proliférer dans les plaques de Peyer et envahir les ganglions mésentériques **(Hanes, 2003)**.

□ *Yersinia*

Le genre *Yersinia* comprend 11 espèces appartenant aux *Enterobacteriaceae*. Il s'agit de bacilles Gram négatifs, non sporulés, anaérobies facultatifs qui fermentent le glucose. Plus petites que la plupart des autres entérobactéries, elles apparaissent souvent comme des coccobacilles lorsqu'elles se multiplient à 37 °C **(Krauss et al., 2003)**.

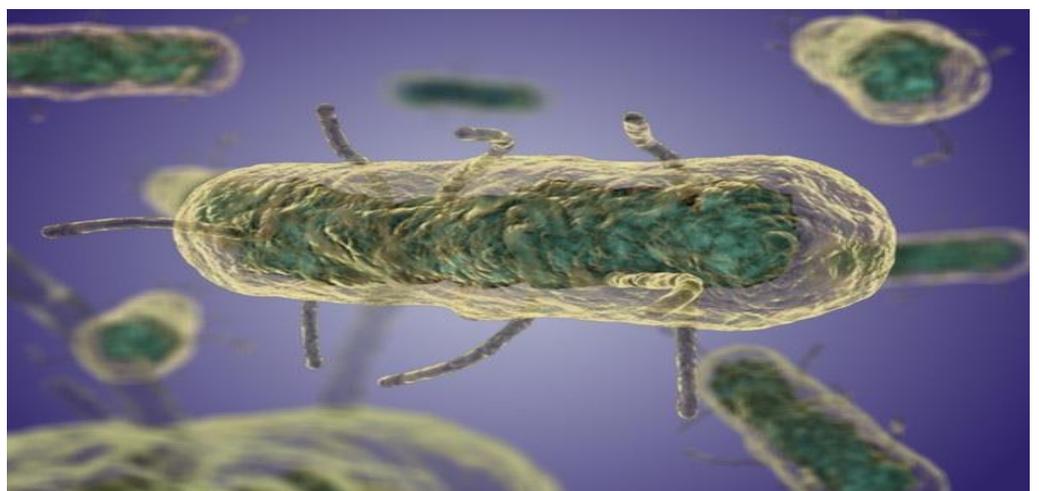


Figure8 : *Yersinia*
(Anonyme4)

Il comprend 4 espèces pathogènes bien caractérisées : *Yersinia pestis* responsable des pestes bubonique et pulmonaire, *Y. pseudo tuberculosis* pathogène des rongeurs et occasionnellement de l'homme, *Y. ruckeri* provoquant des maladies chez les poissons d'eau douce et *Y. enterocolitica*, un pathogène intestinal. *Y. pseudo tuberculosis* et *Y. Enterocolitica* sont les deux agents pathogènes d'origine alimentaire. Elles atteignent le tractus gastro-intestinal de l'homme et provoquent des entérites, entérocolites, lymphadénites, et rarement des infections extra-intestinales telles que des arthrites. *Y. enterocolitica* est également présente dans l'intestin d'animaux sains tels que des porcs, des bovins, des chiens et des chats **(Krauss et al., 2003)**.

L'espèce *Y. enterocolitica* est divisée en plusieurs sous-groupes suivant leur activité biochimique et les antigènes Olipopolysaccharides (sérotipe) qu'ils portent. Les sérotypes impliqués dans les pathologies humaines sont : sérotipe O:3 (en Europe), sérotypes O:8, O:5 et O:27 (USA, Canada ou Japon) **(Krauss et al., 2003)**.

Y. enterocolitica est psychrotrophe, c'est-à-dire capable de se multiplier à des températures inférieures à 4 °C, la température optimale de multiplication est cependant de 28-30 °C **(Krauss et al., 2003)**.

Y. enterocolitica est présente chez plusieurs espèces d'animaux, dans les aliments et dans les eaux. Mais les porcs sont le principal réservoir des bio-sérotypes pathogènes pour l'homme. La région des amygdales de porcs est une niche écologique ayant une haute incidence d'*Y. Enterocolitica*. Pour *Y. enterocolitica*, les symptômes cliniques se manifestent classiquement chez l'adulte par une entérocolite avec la triade : Fièvre, crampes abdominales, diarrhée liquide aigüe, pouvant s'accompagner de céphalées et d'anorexie ou de vomissements. Chez l'enfant, on constate plutôt une diarrhée aqueuse et muqueuse. La dose minimale infectante est de l'ordre de 10⁶ microorganismes **(AFSSA, 2006b)**.

Les températures de pasteurisation détruisent les bactéries de *Yersinia* entéro-pathogènes. Ainsi, les principaux couples temps/températures dans les lignes directrices de production pour la cuisson des viandes sont : pour la cuisson, viandes hachés de bœuf, veau, agneau, porc (15 secondes à 71 °C à cœur du produit), viandes hachées de volailles (15 secondes à 74 °C à cœur du produit), viandes coupées de bœuf, veau, agneau, jambon (15 secondes à 63 °C à cœur du produit) et pour le stockage des aliments (à cœur du produit) : <5

°C pendant 7 jours ; <7.2 °C pendant 4 jours) (AFSSA, 2006b).

1-1-1-4. Staphylococcus aureus :

Staphylococcus aureus est un germe de la famille des *Micrococcaceae*. Il s'agit de cocci à Gram positive, mesurant 0,5 à 1 µm de diamètre souvent disposés en grappe, non sporulés, coagulase positive. Cette espèce fait partie des bactéries aéro-anaérobies facultatives, mais préférant le métabolisme aérobie. C'est un germe mésophile, capable de se multiplier entre 4 °C et 46 °C, de manière optimale à 37°C, pour un pH allant de 5 à 9, avec un optimum de 7,2 à 7,6 et une μ de 0,86 en aérobiose et 0,90 en anaérobiose (Fosse et al., 2004 ; Bailly et al., 2012).

C'est un germe halophile et xérophile car il se développe même en présence de sel et du sucre et survit dans les aliments déshydratés : sa croissance est possible jusqu'à une concentration de 18 % en sel en aérobiose (Fosse et al., 2004 ; Bailly et al., 2012).



Figure 9: *Staphylococcus aureus*.(Anonyme5)

Au total, 70-80% des souches produisent des exotoxines (Cavalli, 2003), dont les entérotoxines staphylococciques A, B, C1, C2, C3, D, E et H, la toxine du choc toxique staphylococcique et les toxines exfoliatives A et B. La toxinogénèse a lieu pendant la phase exponentielle de croissance, pour une température comprise entre 10 °C et 45 °C (avec un optimum de 40 à 45 °C), un pH compris entre 5 et 8, une teneur en NaCl inférieure à 10%, une μ supérieure à 0,86 (Fosse et al., 2004).

Staphylococcus aureus est un germe commensal de la flore cutanée des animaux et un agent possible de mammite chez les femelles en lactation (le plus souvent sub-clinique

chez la vache, pouvant évoluer vers une forme gangréneuse chez la chèvre et la brebis) **(Cavalli, 2003)**.

Chez l'homme, il vit dans la cavité nasale, dans les glandes sébacées et sudoripares, dans les bulbes pileux. Le principal site pour les mains est le bout des doigts (en relation avec l'habitude de se gratter le nez). La contamination des viandes est donc possible au moment du dépeçage, de l'ablation de la mamelle et surtout chaque fois qu'il y a un contact direct entre l'homme et la carcasse **(Cavalli, 2003)**.

Les troubles (nausées, vomissements, diarrhées) peuvent apparaître chez les consommateurs après ingestion d'un aliment contenant les toxines. La dose minimale à ingérer pour provoquer les premiers symptômes reste mal définie **(Cavalli, 2003)**.

L'entérotoxine staphylococcique étant très stable à la chaleur, la simple cuisson reste inefficace pour assurer la destruction de la toxine et assainir en toute sécurité un produit de viande contaminé **(Cavalli, 2003)**.

Il va falloir éviter la contamination ou s'opposer à la multiplication du germe et à la sécrétion de la toxine en ne traversant pas la zone dangereuse (20 °C-50°C) ou en n'y résidant que fort peu de temps (ne jamais dépasser une heure)**(Cavalli, 2003)**.

1-1-1-5 Campylobacter :

Le genre *Campylobacter* est constitué de fins bacilles Gram négatifs incurvés en spirale, est micro-aérophile. Certaines souches peuvent occasionnellement se multiplier dans des conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose. Ils sont incapables d'oxyder ou de fermenter les sucres et sont positifs au test de l'oxydase **(Ghafir et Daube, 2007)**

Toutes les espèces de *Campylobacter* se multiplient à 37°C, mais les *Campylobacter* thermophiles (*C. jejuni*, *C. coli* et *C. lari*) ont une meilleure croissance à 42 °C et ne se multiplient pas à une température inférieure à 25 °C. Ces bacilles sont plus sensibles aux conditions défavorables, telles que la dessiccation, la chaleur, l'acidité, les désinfectants ou l'irradiation, que la plupart d'autres bactéries pathogènes intestinales **(Hu et Kopecko, 2003)**.

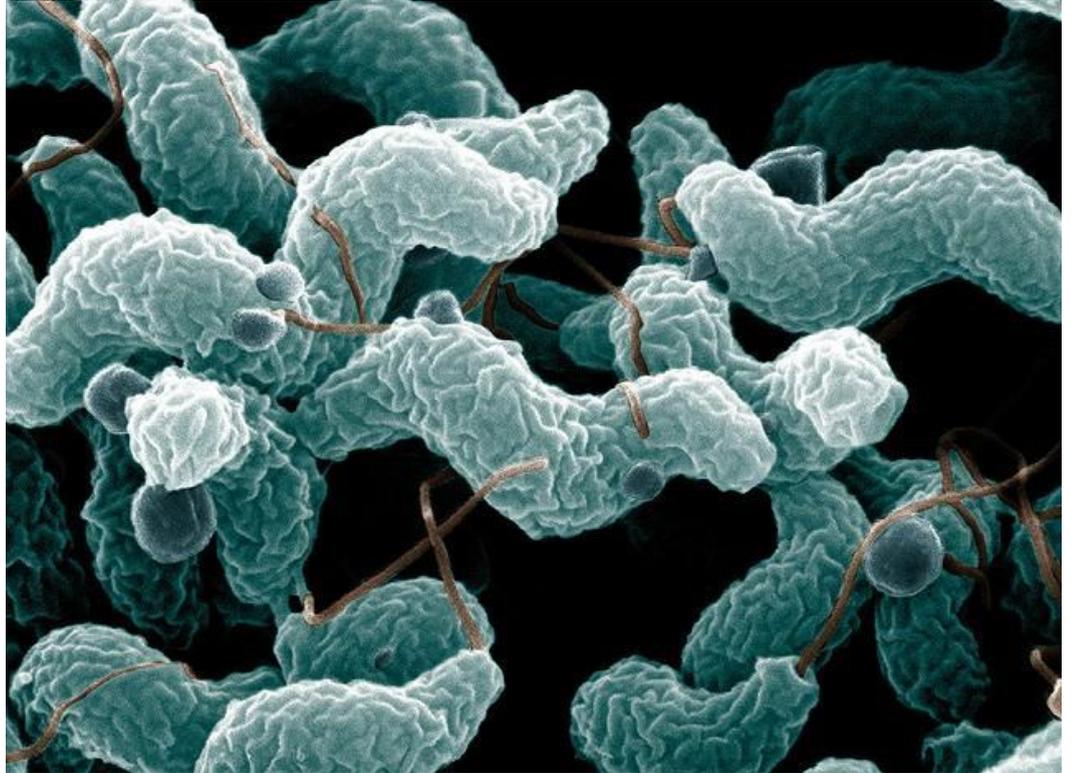


Figure 10: *Campylobacter*
(Anonyme6)

C. jejuni et *C. coli* causent plus de 95% des campylobactérioses. Le réservoir est le tractus intestinal des animaux domestiques et sauvages, particulièrement les oiseaux **(Butzler,2004)**.

La transmission a lieu généralement par la consommation d'aliments (viande de volaille insuffisamment cuite), d'eau, des contacts directs ou la manipulation d'animaux infectés (animaux de boucherie et de compagnie) **(Hu et Kopecko, 2003)**.

Les mécanismes de virulence de *Campylobacter* ne sont pas encore bien connus. Ils auraient comme composantes des toxines, l'adhérence, la mobilité, la capacité de capter le fer et l'invasion bactérienne. La campylobactériose donne lieu à de la fièvre, de la diarrhée et de fortes douleurs abdominales. La guérison a généralement lieu sans traitement, après 2 à 6 jours. Des infections extra intestinales sont décrites dans 1,5 cas/1000 infections intestinales **(Hu et Kopecko, 2003; Butzler, 2004)**.

Les conséquences peuvent en être le syndrome de Guillain-Barré (une polyneuropathie inflammatoire aigüe résultant en une paralysie neuromusculaire) et le syndrome de Reiter (une arthropathologie impliquant de multiples articulations) **(Hu et Kopecko, 2003; Butzler, 2004)**.

La dose infectieuse varie de 500 à 900 bactéries **(ASPC, 2012)**. *Campylobacter* est fréquemment présent dans le tractus intestinal des volailles, porcs et bovins, mais en raison des techniques d'abattage de cette espèce, la viande de volaille est la principale source de contamination de l'homme. Elle est inactivée par la chaleur à 70 °C pendant 1 minute **(Jorgensen et al., 2002)**.

1-1-1-6 Clostridium botulinum :

Clostridium botulinum est un bacille Gram positif de 4 à 6 µm de longueur, aux extrémités arrondies, mobile (ciliature péritriche), anaérobie strict et sporulé. Les souches de *C. botulinum* sont très hétérogènes d'après leurs caractères culturels, biochimiques et génétiques et elles sont divisées en quatre groupes (I à IV). C'est une bactérie mésophile pouvant se multiplier significativement à 15 °C **(Fernandes, 2009)**.

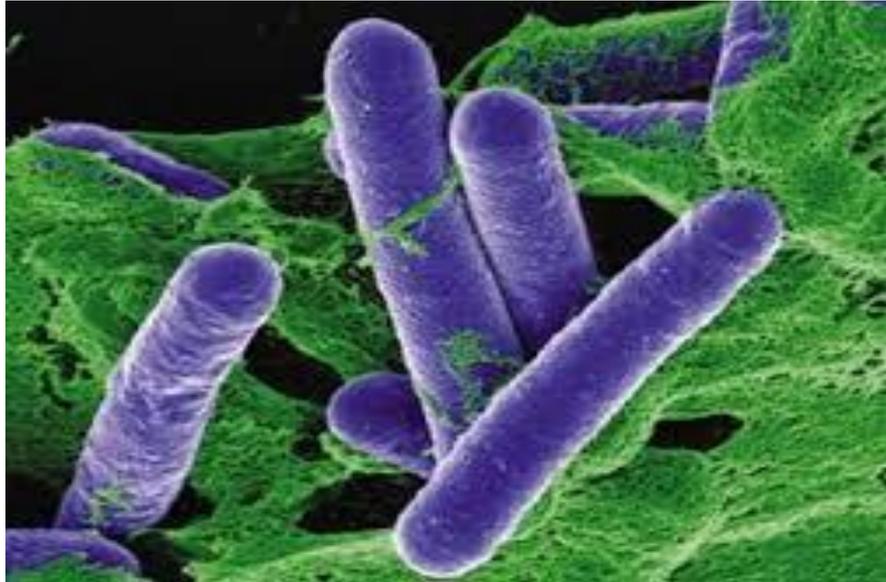


Figure 11: *Clostridium botulinum*. (Anonyme7)

Les spores ont une résistance de 20 mn à 110°C. Il est un agent d'intoxication et d'intoxication alimentaires humaine ou animale. Les toxines botuliniques se divisent en 7 types (A à G) selon leurs propriétés immunologiques, chacune étant neutralisée par un sérum spécifique. La toxine botulique est le poison le plus puissant qui existe **(AFSSA, 2006a)**.

La toxine botulique A est la plus active. La dose létale chez un homme adulte est estimée de 100 ng à 1 µg par voie orale **(AFSSA, 2006a)**.

Le réservoir de *C. botulinum*, comme des autres *Clostridium* est l'environnement : sol, poussière, sédiments marin ou d'eau douce, eaux souillées, lisiers et occasionnellement le contenu digestif de l'homme et des animaux sains. L'homme ou l'animal s'infecte en ingérant d'aliment contaminé (notamment conserves et semi-conserves mal stérilisées, jambons crus secs, produits de boucherie et fourrages). La durée d'incubation est de 1 à 10 jours, le plus souvent 1 à 3 jours **(AFSSA, 2006a)**.

La maladie se manifeste par des paralysies flasques (oculaires et cardio-respiratoires), des troubles digestifs (nausées, vomissements, diarrhées ou constipations dysphagie) et urinaires, un tarissement de toutes sécrétions (et surtout des sécrétions salivaires). La maladie, plus ou moins grave, peut être mortelle en absence de traitement **(AFSSA, 2006a)**.

1-1-1-7 *Clostridium perfringens* :

Clostridium perfringens appartient au groupe II du genre *Clostridium* et à la famille des *Bacillaceae*. Il s'agit d'un bacille Gram positif sporulé, tellurique, anaérobie strict, sulfite- réducteurs, immobiles, possédant une capsule de nature polysaccharidique et facile à voir à l'état frais. Cette espèce est thermophile, sa température optimale de croissance étant comprise entre 40 et 45 °C, mais elle est toutefois capable de se développer à des températures comprises entre 15 °C et 50 °C. La doit être supérieure à 0.93 et le pH compris entre 5,5 et 8 (Cavalli et al., 2003; Fosse et al., 2004).



Figure 12: *Clostridium perfringens* (Anonyme8)

Les spores thermosensibles de *C. perfringens* résistent 5 minutes à 100 °C et produisent l'entérotoxine qui est responsable des intoxications alimentaires (Cavalli et al., 2003; Fosse et al., 2004).

Le seuil en-dessus duquel il y a intoxication est 105 ufc/g (AFSSA, 2006c). C'est une bactérie tellurique largement répandue dans l'environnement, qui peut contaminer les fourrages et les ensilages. Ce germe ubiquiste est un hôte normal du tube digestif des animaux et de l'homme. La viande peut être contaminée au moment de l'éviscération si du contenu de l'intestin entre en contact avec la carcasse (Cavalli, 2003).

L'homme se contamine en ingérant des aliments, notamment des produits carnés, contenant des bactéries. Les denrées incriminées sont les préparations à base de viande

et en général cuites, conservées à l'abri de l'air (masses importantes, immersion dans un liquide, emballage étanche), refroidies lentement puis réchauffées lentement, ce qui favorise la multiplication des bactéries et la production de toxines (**AFSSA, 2006c**).

Les symptômes apparaissent entre 6 et 24 h, généralement 10 à 12 h, après l'ingestion du repas contaminé. Ils se traduisent surtout par la diarrhée et de violents maux de ventre, parfois de nausées. Le plus souvent, cette affection guérit spontanément en 2-3 jours. Toutefois, des mortalités ont été observées chez des personnes âgées et des jeunes enfants (**AFSSA, 2006c**).

2- Le mode de contamination :

Les sources de contamination de la viande sont diverses et d'importance inégale. Différents facteurs sont à l'origine de cette contamination. Selon leur origine, ces facteurs sont classés en deux catégories (endogènes et exogènes) (**Rosset et Liget, 1982; Cartier, 2004**).

2-1 Origine des microorganismes :

2-1-1 Au niveau de l'abattoir

□ Origine endogène

Les microorganismes contaminants proviennent de l'animal. Les appareils digestifs et respiratoires et le cuir des animaux sont un réservoir à micro-organismes. Ces éléments constituent les principales sources de contamination des carcasses (**Rosset et Liget, 1982; Cartier, 2004**).

- La flore du tube digestif

Certains microorganismes s'y multiplient et s'y développent d'autres ne font que transiter. Les germes proviennent en grande partie de l'eau et de l'alimentation (fourrages, ensilages, foin, céréales) (**Angelotti, 1968; Edel et al., 1973; Hobbs, 1974; Mac Kenzie et Bains, 1976; Scionnau, 1993; Delcensier et al., 2002**).

Ces aliments sont contaminés par les insectes, les rongeurs, les poussières ainsi que par

l'air (**Edel et al., 1973; Barnes, 1979**).

La plupart des contaminants d'origine endogène sont d'origine intestinale. Ce sont des bactéries anaérobies telles que *Clostridium*, *Bacteriodes*, aéro-anaérobies tels que les *Entérobactéries* ou micro-aérophiles comme les *Entérocoques* et *Campylobacter*. Ils contaminent le muscle lors de l'éviscération et de la découpe de la carcasse. Le passage de bactéries de l'intestin vers le sang en période postprandiale est relativement fréquent chez les animaux de boucherie (**Leyral et Vierling, 1997; CUQ, 2007 b**).

- **La flore du cuir et des muqueuses**

La peau, le pelage ainsi que les muqueuses des animaux sont des barrières efficaces contre les germes. Ces derniers demeurent à leurs surfaces et s'y accumulent. La contamination des cuirs provient en grande partie des fèces, du sol et de la poussière (**Rosset et Liger 1982; Dachy, 1993 ; Leyral et Vierling, 1997; Cartier, 2004; CUQ, 2007 b**).

Le cuir est vecteur de la contamination pour la carcasse elle-même, par contact ou par l'intermédiaire du matériel de travail et pour les autres carcasses, par l'air ambiant. Ces derniers deviennent ainsi à leurs tours vecteurs (**Cartier, 2007**).

Les cuirs sont porteurs des nombreux germes tels *Escherichia coli* et Coliformes (*Aerobacter, Enterobacter, Serratia, Klebsiella*) (**Newton et al., 1977**), *Streptocoques fécaux, Acinetobacter, Staphylocoque aureus* et *Clostridium perfringens* (**Fournaud et al., 1978; Gibbs et al., 1978; Newton et al., 1978; Aboukheir et Kilberus, 1974; Beaubois, 2001; CUQ, 2007 b**).

Les moisissures sont abondamment présentes sur le cuir des animaux. Ce sont en général des moisissures saprophytes et ubiquistes, ainsi que des moisissures plus xérophiles tel que *Penicillium, Sporotrichum, Cladosporium, Mucor, Thamnidium*. On trouve également des levures (**CUQ, 2007 b**).

- **La flore des voies respiratoires**

L'appareil respiratoire et, particulièrement, les voies supérieures (cavité nasopharyngée) renferment des *Staphylococcus aureus* (**Morisetti, 1971**).

Origine exogène

Le personnel

L'abattage est un processus où l'intervention humaine est très importante. Le personnel est susceptible de contaminer les carcasses avec ces propres germes (contamination passive) par les mains sales et par ses vêtements mal entretenus et les contaminer (contamination active) avec son matériel de travail, avec l'eau du sol ou par simple circulation d'un endroit fortement contaminé (locaux d'attente, bouverie, lazaret) vers l'aire d'abattage (**Scionneau, 1993; Cartier, 2007**).

Sur la chaîne d'abattage, les postes où le risque de contamination est élevé, sont ceux où le personnel peut être amené à être simultanément en contact avec la carcasse et les matières contaminants (habillage, éviscération) (**Scionneau, 1993; Cartier, 2007**).

□ **Infrastructure et matériels**

Les surfaces des locaux (sols, murs, plafonds), le matériel (arrache cuir, treuil de soulèvement, rail aérien, crochets), ainsi que le petit matériel personnel (couteaux, fusils, haches) et collectif (bacs, seaux, crochets) peuvent contribuer à la contamination des carcasses ; notamment s'ils sont mal entretenus et mal conçus (**Kebede, 1986; Cartier, 2007**).

Que ce soit pour les locaux ou le matériel, leur conception doit aboutir à un compromis entre l'hygiène, la sécurité et la résistance (**Kebede, 1986; Cartier, 2007**).

Les revêtements muraux et le sol mal conçus sont des nids pour les micro-organismes. Le dispositif de suspension/manutention des carcasses doit être conçu de façon à éviter au maximum les contacts des carcasses avec le sol et les murs tout au long de son cheminement. Les sols et les murs avec des crevasses et des fissures sont difficiles à nettoyer. Les outils et les surfaces de travail mal nettoyées constituent une source certaine de contamination (**Kebede, 1986; Cartier, 2007**).

□ **Le milieu**

- **L'eau et le sol**

Le sol est une importante source des micro-organismes. On y trouve, les algues microscopiques, les bactéries, et les champignons. Parmi les groupes bactériens les plus représentés figurent les *Actinomycètes*, *Pseudomonase*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Bacillus* et *Micrococcus*. Parmi les moisissures figurent : *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* (**Leyral et Vierling, 1997**) et parmi les levures, figurent : *Saccharomyces*, *Rhodotorula*, *Torula*. Les levures sont souvent associées aux plantes donc dans le sol (**CUQ, 2007 a**). L'eau très utilisée pour le nettoyage des locaux d'abattage, des outils de travail et le douchage des carcasses, est souvent très contaminée (**Grand, 1983; Scionneau, 1993**).

- **L'air**

L'atmosphère des abattoirs est polluée par les déplacements des animaux et du personnel et la manutention du cuir lors de la dépouille et les viscères maintenus dans le hall d'abattage (**Fournau, 1982; Hinton et al., 1998**).

Le degré de pollution dépend de beaucoup de facteurs dont l'activité déployée (le

nombre de personnes présentes, le nombre d'animaux abattus et l'état de propreté de leur cuir), la taille des ouvertures du local (**Leyral et Vierling, 1997**).

L'air véhicule des *Microcoques*, des *Staphylocoques* et des *Bacillus* (**Leyral et Vierling,**

1997). L'air est riche en spores de moisissures et surtout le genre de *Torulopsis* (**CUQ, 200a**).

- **Les nuisibles**

Les abattoirs représentent une source importante de nutriments pour les nuisibles vecteurs de micro-organismes tels les Salmonelles les Staphylocoques, les *Entérobactéries* et les Clostridies (**Scionneau, 1993**).

Ces nuisibles contaminent les carcasses par leurs fèces, par leur pelage et par leurs urines (**Angelotti, 1968 ; Edelet al, 1973**).

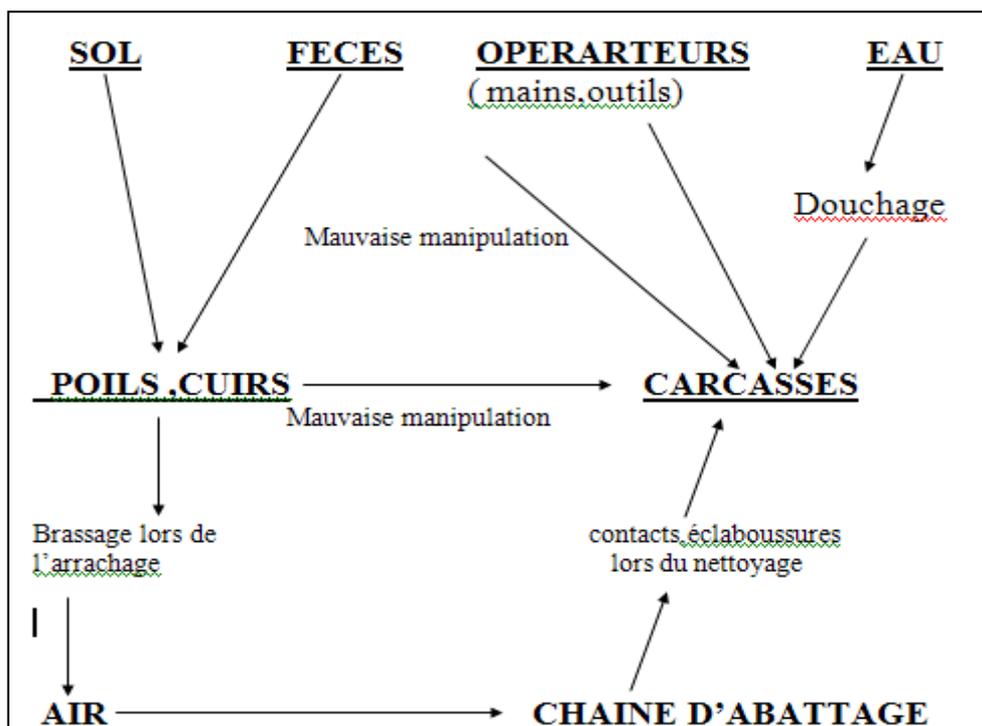


Figure 13 : Mécanisme de contamination superficielle des carcasses à l'abattoir (Nicolle, 1986).

2-1-2 . Au niveau des boucheries

- Contamination par les manipulateurs

Les flores commensales et pathogènes de l'homme sont proches de celles

des animaux. La contamination peut provenir aussi bien de personnes saines que malades ou guéries. Les contaminations par manipulation sont: Des contaminations de contact, essentiellement par les mains, dont les germes incriminés (*Staphylococcus*, *Streptococcus*, contamination fécale, *Salmonella*) sont surtout véhiculées par la peau saine ou par des plaies, abcès ou furoncles. Des contaminations aéroportées (toux, éternuement). Contamination par les vêtements (**Guiraud J et col 1998**).

□ Contamination par l'environnement

L'air et sol sont riches en bactéries. Ainsi l'eau et le sol peuvent contenir les bactéries tels que *Achromobacter*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus* et des levures comme *Aspergillus*, *Rhysopus*, *Penicillium* et des moisissures tels que *Saccharomyces*, *Torula* (**GuiraudJetal., 1998**).

□ Contaminants industriels

Le matériel industriel est une source de contamination, en particulier les surfaces poreuses (plan de travail) les outils et les machines. Lors de la préparation de produits à partir des matières premières diverses les traitements technologiques peuvent induire ou favoriser la dispersion de la flore de contamination (**Guiraud J et al., 1998**).

Les déchets industriels sont aussi une source potentielle de contamination (**Guiraud. J et al., 1998**).

3- Les méthodes d'analyses :

3-1 Les méthodes bactériologiques classiques de détection :

Les analyses microbiologiques fournissent des informations sur la qualité hygiénique de ce dernier, l'application des règles d'hygiène pendant sa transformation en utilisant des tests qualitatifs et quantitatifs, qui permettent de détecter la présence ou l'absence d'agents pathogènes tels que *Salmonella* ainsi que le nombre d'unités formant des colonies des autres micro-organismes indicateurs de contamination tels que les *enterobacteriaceae* , les coliformes et les entérocoques (**Sperber et al., 2009 ; Macé, 2013**).

Dans les aliments, les bactéries pathogènes sont souvent présentes à un nombre relativement faible, et moins nombreux que les micro- organismes d'altération et peuvent donc être souvent endommagées lors des différentes étapes de l'analyse.

Les méthodes quantitatives de détection des micro-organismes pathogènes d'origine alimentaire utilisées sont le plus souvent des méthodes de standardisation EN/ISO et UNE (**Lee et al., 2008**), ces dernières dépendent de la croissance de ces derniers, soit sous forme de colonies visibles sur milieu solide impliquant les différentes étapes, de pré enrichissement, d'enrichissement et d'ensemencement sur milieux sélectifs, suivi par une confirmation biochimique (**Nollet et Toldra, 2009 ; Macé, 2013**), ou bien sur milieu liquide en utilisant la méthode du NPP (nombre le plus probable) de micro-organismes viables dans un échantillon, en préparant des dilutions décimales de ce dernier et en transférant des sous-échantillons de 3 dilutions en série de 9 ou 15 tubes contenant un milieu de culture liquide. Les tubes sont mis à incubation et le résultat final est comparé à une table NPP, qui indiquera le NPP de bactéries dans le produit (**Blodgett, 2010**).

Cette méthode est plus laborieuse et plus coûteuse que la plaque de comptage. Par ailleurs, les procédures qualitatives sont utilisées quand il n'est pas nécessaire de connaître la quantité d'un micro-organisme présent dans un échantillon, mais seulement la présence ou l'absence de la bactérie. (**Betts et Blackburn, 2009 ; Lopez Campos et al., 2012**).

La technique requiert un échantillon pesé avec précision (25 g). Les colonies typiques du micro-organisme cible qui poussent sur des milieux sélectifs différentiels solides, sont souvent appelées présomptives. Pour confirmer le micro-organisme recherché, différents tests biochimiques et sérologiques doivent être effectués sur des colonies pures obtenues à partir des colonies présumées (**Betts et Blackburn, 2009 ; Lopez Campos et al., 2012**).

3-2 Les méthodes phénotypiques :

Ce sont des propriétés comme la forme, la taille, les couleurs, les propriétés biochimiques et antigéniques qui peuvent être mesurées sans référence au génome.

Ces méthodes phénotypiques sont limitées par la capacité des micro-organismes à modifier l'expression des gènes, ce qui peut se produire spontanément en réponse à des stimuli environnementaux (**Greewood et al., 2012**).

3-2-1 Le biotype :

Le biotypage utilise les activités métaboliques exprimées par l'isolat, la morphologie

des colonies et les tolérances environnementales (**Greewood et al., 2012**).

Le biotypage peut être effectué manuellement ou à l'aide de systèmes automatisés. Parmi les méthodes de biotypage, la fermentation du sucre, la décarboxylation ou désamination des acides aminés, les tests de citrate et de l'uréase (**Greewood et al.,2012**).

3-2-2 Le sérotypage :

Le sérotypage est basé sur l'identification des souches de la même espèce pouvant être différentes dans les déterminants antigéniques exprimés sur la surface de la cellule. En effet, les structures de surface telles que les lipopolysaccharides, les protéines membranaires, les polysaccharides capsulaires et les flagelles présentent des variations antigéniques. Les souches différenciées par ces variations antigéniques sont nommés les sérotypes.

Le sérotypage est utilisé dans plusieurs bactéries Gram négatifs et Gram positifs et, est réalisé en utilisant plusieurs tests sérologiques tels que l'agglutination bactérienne, co-agglutination et fluorescence (**Greewood et al.,2012**)

3-2-3. L'antibiotypie :

Un antibiotique est une substance naturelle ou synthétique, d'origine microbienne ou d'origine chimiquement, utilisée pour guérir les infections causées par des bactéries.

Le mode d'action des antibiotiques permet de tuer les bactéries sensibles (bactéricides) ou d'inhiber leur développement (bactériostatique) (**Freney et al.,2000**).

Il existe des antibiotiques à spectre étroit ou à large spectre, qui ciblent une large gamme d'espèces bactériennes. Le but de la réalisation d'un antibiogramme est de prédire la sensibilité d'un germe à un ou plusieurs antibiotiques dans une optique essentiellement thérapeutique (**Freney et al.,2000**).

Il sert également à la surveillance épidémiologique de la résistance bactérienne, à l'identification bactérienne par la mise en évidence de résistances naturelles (**Freney et al.,2000; Parvezet al., 2004**). Il doit être pratiqué en raison de la qualité, de la densité de l'espèce ou des espèces isolées, soit de l'état clinique du patient ou du siège de l'infection sur les espèces susceptibles d'engendrer un processus infectieux (**Freney et al.,2000**).

Il existe diverses méthodes pour déterminer la sensibilité d'une bactérie à un antibiotique donné. L'une des plus utilisées pour des raisons de vitesse d'exécution, de coût et de souplesse dans le choix des antibiotiques, est l'antibiogramme par diffusion en milieu gélosé (**Haenni et al., 2011**).

Cette méthode permet également de visualiser certaines images de synergie ou

d'antagonisme entre antibiotiques, qui sont d'une aide précieuse pour l'identification des mécanismes de résistance. Des disques pré-imprégnés des antibiotiques à tester sont déposés à la surface d'un milieu gélosé préalablement ensemencé avec un inoculum standardisé d'une culture bactérienne pure et préalablement identifiée (**Haenni et al., 2011**).

Après incubation, des zones d'inhibition circulaires correspondant à une absence de culture sont visibles autour des disques. Le diamètre de la zone d'inhibition observée pour chaque couple bactérie-antibiotique est alors comparé aux diamètres critiques définis par des comités spécialisés (**NCCLS, 2007 ; CA-SFM, 2010 ; EA-SFM, 2013 ; Haenni et al., 2011**).

Cette méthode a été utilisée dans plusieurs recherches sur des bactéries isolées de produits de la mer (**Musa et al., 2008; Monzur et al., 2011 ; Rokibul et al., 2013 ; Latha et al., 2013**).

Trois catégories cliniques ont été retenues pour l'interprétation des tests de sensibilité

In vitro : Sensible (S), Résistant (R) et Intermédiaire (I).

Les souches catégorisées (S) sont celles pour lesquelles la probabilité de succès thérapeutique est forte dans le cas d'un traitement par voie systémique avec la posologie recommandée dans le résumé des caractéristiques du produit, les souches catégorisées (R) sont celles pour lesquelles il existe une forte probabilité d'échec thérapeutique quels que soient le type de traitement et la dose d'antibiotique utilisée, alors que, les souches catégorisées (I) sont celles pour lesquelles le succès thérapeutique est imprévisible. Ces souches forment un ensemble hétérogène pour lequel les résultats obtenus *in vitro* ne sont pas prédictifs d'un succès thérapeutique (**NCCLS, 2007 ; CA-SFM, 2010 ; EA-SFM, 2013**).

3-2-4 La bactériostase :

Elle correspond à un ralentissement de la croissance d'une population bactérienne, pouvant aller jusqu'à l'arrêt de la croissance (**Anonyme 16**).

La Concentration Minimale Inhibitrice (CMI)

C'est le paramètre utilisé pour évaluer l'effet d'un antibiotique. Elle correspond à la concentration minimale d'antibiotique qui inhibe la croissance visible du germe en 24H. La CMI explore donc l'effet bactériostatique seulement, ce qui n'est pas limitatif sachant

qu'en bactériologie clinique, le but le plus souvent recherché est l'inhibition de la prolifération bactérienne, dans la mesure où l'organisme est capable de se défendre contre les bactéries (**Burnichon et al., 2003**).

□ La résistance

La résistance aux antibiotiques est un problème de santé mondial en médecine humaine et vétérinaire (**Rasool et al., 2003**). Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), cette résistance est due à la capacité de la population bactérienne de survivre à l'effet d'une concentration inhibitrice d'agents antimicrobiens.

Elle peut être naturelle et programmée dans le génome bactérien, ou bien acquise avec des gènes de résistance situés sur des éléments génétiques extra chromosomiques (plasmide) ou sur des segments insérés dans le chromosome qui proviennent d'autres génomes et se développent à la suite d'une mutation spontanée (**Diab et al., 2002 ; Carratolli, 2003; Barth, 2005 ; Thavasietal.,2007**).

4- Méthodes de décontamination des viandes :

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

- ❖ L'irradiation par les rayons ionisants ou les UV provoque des ruptures des molécules, entraînant ainsi des perturbations du métabolisme microbien et la mort de certains germes. Son action bactéricide est fonction du micro-organisme et de l'intensité de la dose appliquée.
- ❖ L'ozone, grâce à son pouvoir oxydant de certains composés organiques, a une action bactériostatique et même bactéricide. Mais aux doses normalement utilisées, non toxiques pour l'homme (inférieures à 0,1 ppm) , l'assainissement n'est pas efficace.
- ❖ La vaporisation ou l'immersion dans des lipides (eau chaude, produits chlorés, acides organiques, vapeurs distillant) ont fait l'objet d'études expérimentales, en

voie d'application à l'étranger. Retenons notamment, en raison de leur efficacité, l'intérêt du recours à l'eau chaude (température supérieure à 70 °C) et à l'hypochlorite de sodum à faible concentration (200-250 mg/l). Les réductions des numérations microbiennes sont souvent supérieures à 99% de la flore initiale. L'emploi de composés chimiques pose cependant un problème de toxicité et rejoint d'une façon générale celui de la contamination chimique des aliments (**R.BOCCARD et al, 1981**)

5- Altérations des viandes :

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

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

5-1-1- Facteurs intrinsèques

- Le pH:

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

- Le potentiel d'oxydo-reduction

En fonction du pouvoir d'oxydo-reduction de la viande, quatre types de MCO sont définis : aérobies qui ne se multiplient qu'en présence d'oxygène ou dans des milieux ayant un fort pouvoir oxydatif, des anaérobies qui ne se développent qu'en absence totale d'oxygène ou exigent des milieux réducteurs; entre ces deux extrêmes, se trouvent des microorganismes capables de bien se développer en présence d'oxygène des anaérobies facultatifs (DETERVILLE, 1980).

5-1-2- Facteurs extrinsèques

- L'humidité ambiante:

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

- La température:

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

Tableau 04 : Valeur minimum d'activité d'eau pour quelques MCO

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

(GYANG,1984).

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

5-2-1- Altération superficielle :

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

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

5-2-2- La putréfaction profonde :

La putréfaction profonde s'installe dans les masses musculaires internes de carcasses, les viandes présentant ce type d'altération sont gonflés de gaz, de couleur anormale ((grise ou verdâtres) et dégagent une odeur très désagréable due au développement de bactéries protéolytiques strictement anaérobies telles que les clostridium, (**BOURGEOIS, 1980**).

Tous ces germes se multiplient d'autant plus que rapidement que la température est plus élevée et que le refroidissement est plus lent, favorisé aussi par l'humidité du milieu, (**Collobert .F et al, 1995**).

6- Risques sanitaires :

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

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

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

6-1- Intoxication alimentaire :

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

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

6-2- Toxi-infection alimentaire :

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

6-3- Intoxication du type histaminique :

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

6-4- Empoisonnement alimentaire :

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

Tableau 05: Quelques types de germes et leurs risques sanitaires

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

7- Conservation de la viande :

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

Cependant, l'abaissement de la température de la viande est nécessaire d'une part pour éviter l'altération et notamment la putréfaction qui se développe très rapidement à température ambiante sur des carcasses fraîchement abattues, et d'autre part pour assurer la sûreté vis-à-vis des germes pathogènes responsables d'intoxication alimentaires

(**BOURGEOIS, 1984**). La conservation a donc un double intérêt :

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

7-1 Règles d'application du froid

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

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

7-2 Méthode de stabilisation de la flore microbienne :

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

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

7-2-1- La réfrigération :

La précocité de la réfrigération constitue la deuxième règle du Trépied frigorifique de MONVOISIN. La réfrigération consiste à une conservation à des températures souvent voisines de 0°C, ayant conservé la consistance de la viande fraîche (ROSSET, 1980). En pratique, la température profonde de la viande est comprise entre 0°C et une température limitée très variable :

- ❖ L'idéal est d'obtenir +2°C
- ❖ La tolérance étroite est +4°C
- ❖ La tolérance large est +8°C, mais elle permet le développement des germes psychrophiles (CRAPLET, 1966).

La réfrigération comprend deux opérations :

- 1° le refroidissement qui abaisse la température du produit au niveau ou au voisinage du niveau désiré, qui peut se faire suivant la technique ancienne de la réfrigération lente ou suivant la technique moderne de réfrigération rapide.

- 2° la conservation qui maintient le produit à la température à laquelle il a été refroidi.

7-2-1-1- Réfrigération lente :

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

7-2-1-2- Réfrigération rapide :

La réfrigération rapide dans une chambre moderne de réfrigération avec circulation forcée d'air à des températures voisines de 5°C. C'est la technique la plus utilisée actuellement. Le refroidissement doit être immédiat car sitôt après la mort de l'animal, la température de la

viande est comprise entre 38 et 40°C, ce qui éminemment est favorable à la pollution par les microbes qui peuvent provenir de nombreuses origines (DETERVILLE, 1980).

7-2-1-3- Réfrigération ultrarapide :

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

7-2-1-4- Réfrigération complexe :

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

- 1° L'ozone est un bon antiseptique malheureusement, c'est un oxydant favorisant le brunissement des viandes et provoquant également des altérations de saveur et d'odeur.

- 2° Le gaz carbonique est un antiseptique à pH qui retarde naturellement le développement de certains microbes (CRAPLET, 1966).

7-2-2- La conservation des viandes réfrigérées :

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

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

Tableau 06 : Durée de conservation de viande en fonction de la température

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

(COLLIN 1972).

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

7-2- 2-1- Incidences microbiologiques du stockage de la viande réfrigérée :

Pratiquement, seuls les germes superficielles peuvent évoluer, les germes profonds anaérobies sont bloqués même si la température subit de faibles variations (BOURGEOIS, 1980).

7-2-2-1-1- Germes d'altérations :

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

7-2-2-1-2- Germes pathogènes :

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

Tableau 07 : Action de la température sur la multiplication et la toxinogène des microorganismes.

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

BOURGEOIS, 1980

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

7-2-3- Congélation :

Elle consiste à abaisser la température des denrées de façon progressive jusqu'à -18°C à -20°C. La congélation est basée sur la transformation de l'eau de constitution en glace. (**ANONYME, 1977**).

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

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

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

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

7-2-4- Surgélation :

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

CONCLUSION

Conclusion :

Les aliments que l'on ingère ne sont pas stériles, ils renferment des micro-organismes en quantité plus ou moins importante, à la suite d'une contamination excessive ou de l'exposition à des conditions propices au développement microbien. En outre, la quantité de micro-organismes pathogènes peut dépasser le seuil tolérable, et les moyens de défense du corps sont alors débordés et des symptômes de toxi-infection apparaissent. Les résultats de cette étude montrent que 70% des échantillons sont impropres à la consommation humaine. Ces résultats indiquent l'importance des aliments crus comme réservoir de bactéries résistantes aux antibiotiques et qui peuvent être transférées à l'homme, ce qui constitue un problème de santé publique. En effet, les accidents surviennent souvent à la suite de négligences répétées, soit à cause de mauvaises conditions d'entreposage et de conservation des aliments, soit à cause de manipulations inadéquates ou peu soigneuses ou encore à cause d'une cuisson insuffisante ou inadaptée. Pour ce fait, l'application des bonnes pratiques d'hygiène tout au long de la chaîne alimentaire, la sensibilisation du personnel et des vendeurs manipulant la viande, sur les effets néfastes du manque d'hygiène, la sensibilisation des consommateurs afin d'éviter la consommation des aliments crus et insuffisamment cuits et l'utilisation prudente des antibiotiques dans les élevages sont donc essentiels pour contrôler davantage l'émergence de la résistance aux antibiotiques.

Les références bibliographiques

Les références bibliographiques :

- **ADESIYUN A. A. & OYINDASOLA O. O. (1989)** Prevalence and antibiograms of *Salmonella* in slaughter cattle, slaughter amas and effluents in Zaria abattoir. *J. Food Prot.* 52:232-235.
- **AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments). 2006a.** Fiche de description de dangers transmissibles par les aliments: *Clostridium botulinum*. AFSSA, 4p. <http://www.afssa.com>
- **AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments). 2006b** Fiche de description de dangers transmissibles par les aliments: *Yersinia enterocolitica*, *Yersinia, pseudo-tuberculosis*. Agent de la yersiniose, pseudo-tuberculose. AFSSA, 4p. <http://www.afssa.com>.
- **AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments). 2006c.** Fiche de description des dangers transmissibles par les aliments: *Clostridium perfringens*. Agent de toxi-infection alimentaire. AFSSA, 4p. <http://www.infectiologie.com>
- **ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail).2011.** Fiche de description de danger biologique transmissible par les aliments. *E. coli* entéro-hémorragique (EHEC). ANSES, 4p. <http://www.anses.fr/Documents/MIC-Fi-EscherichiaColi.pdf>.
- **ANONYME (1977) :** la congélation des produits de la pêches, FAO, Rome bill N°167, p91.
- **Anonyme 1** <http://sereenity.blog.fr>.Consultéle:27/04/2015.
- **Anonyme2**
<http://www.2012un-nouveau-paradigme.com/article-etats-unis-une-bacterie-cauchemardesque-Co>
- **Anonyme 3** le:27/04/2015.
- **Anonym4** <http://www.wales.nhs.uk/sitesplus/888/page/43751>.Consultéle:27/04/2015.
- **Anonyme** [http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Yersinia_Pestis_\(Pathogenesis\)](http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Yersinia_Pestis_(Pathogenesis)).Consultéle:27/04/2015. 5
- **Anonyme6** <http://www.bioquell.cn/technology/microbiology/community-associated-methicillin-resistant-staphylococcus-aureus-ca-mrsa>.Consultéle:27/04/2015.
- **Anonyme7** <http://www.oriade.fr/recrudescence-des-infections-a>

campylobacter.Consulté le:27/04/2015.

- **Anonyme8** http://paulahp.blogspot.com/2014/11/enfermedades-de-transmission_28.html.Consulté le:27/04/2015.
- **ASPC (Agence De Sante Publique Canada). 2012.** Campylobacter, E.coli; fiche technique santé-sécurité: agents pathogènes. ASPC.<http://www.phacaspc.gc.ca/lab-bio/res/psdsftss/campylobacter-coli-fra>
- **B.L.DUMONT(1981)** : Hygiène et technologie de la viande fraiche, Ed : CNRS, p77.**BAZRI L. (1992)** Contribution à l'appréciation de l'hygiène des abattoirs par analyse bactériologique des carcasses bovines. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- **BOURGEOIS.C.M.,ET CLERET j-j,(1980)** : principe de base des contrôle microbiologiques industriels in TAIAA :contrôle microbiologique. Ed : tec et doc,vol.3,paris,p3-11.
- **BOURGEOIS.C.M.,LARPENT J-P.(1996)** : microbiologie alimentaire. tome 2,Ed : tec et doc,lavoisier,France,523.
- **BOURGEOIS.C.M.,LEROUX P.(1982)** : proteine animales,Ed :tec et doc,lavoisier,paris,p365.
- **BOURGEOIS.C.M.,MESCLE J-f.et zucca j.(1996)** : microbiologie alimentaire,tome 1 Ed :tec et doc,lavoisier,France,p308
- **BRENTERCH.Y, CAZEAU.O, CREC'HRIOU.R,** Rapport sur la tendreté de la viande, 1997. http://membres.lycos.fr/cazeau/memviande_index..htm
- **BROUARD.S, RENAND.G, TURIN.F,** Relations entre caractéristiques musculaires et tendreté du muscle *Longissimus lumborum* de jeunes bovins de race rustiques. Renc. Rech. Ruminants, 2001, 8, 49-52.
- **BULTOT.D, DUFRASNE.I, CLINQUART.A, HOCQUETTE.J.F, ISTASSA.L,** Performances zootechniques et qualité de la viande de taurillons Blanc Bleu Belge, Limousins etAberdeen Angus engraisés avec deux types de rations. Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 271.
- **DENOYELLE.C, CHATELIN.Y.M, BROUARD.S,** Aspects méthodologiques liés à la caractérisation des qualités organoleptiques des viandes bovines : la gestion des critères qualitatifs dans les cahiers des charges des démarches qualités. Renc. Rech. Ruminants, 2000, 7, 240-254.
- **DURAND.D, GRUFFAT-MOUTY.D, HOCQUETTE.J.F,MICOL.D, DUBROEUCQ.H,JAILLER.R, JADHAO.S.B, SCISLOWSKI.V,**

- BAUCHART.D**, Relations entre caractéristiques biochimiques et métaboliques des muscles et qualités organoleptiques et nutritionnelles de la viande chez le bouvillon recevant des rations supplémentées en huile de tournesol riche en AGPI n-6. *Renc. Rech. Ruminants*, 2001, 8, 75-78.
- **FRENCIA.J.P, THOMAS.E, DUFOUR.E**, Mesure de la tendreté de la viande par spectroscopie de fluorescence frontale. <http://www.office-elevage.fr>
 - **GEAY.Y, BAUCHART.D, HOCQUETTE.J-F, CULIOLI.J**, Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes des ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux *INRA Prod. Anim.*, 2002, 15, 37-52.
 - **GEAY.Y, RENAND.G**, Importance de la variabilité génétique et du mode d'élevage des bovins sur les caractéristiques musculaires et les qualités organoleptiques de leurs viandes. *Renc. Rech. Ruminants*, 1994, 1, 177-182.
 - **GEAY.Y, PICARD.B, JAILLER.Rd, JAILLER.Rt, LISTRAT.A, JURIE.C, BAYLE.M.C, TOURAILLE.C**, Effets de la nature de la ration sur les performances, les caractéristiques musculaires et la qualité de la viande de taurillons salers. *Renc. Rech. Ruminants*, 4, 307-310.
 - **LAMELOISE.P, ROUSSEL-CIQUARD.N, ROSSET.R**, Evolution des qualités organoleptiques. *Les viandes, Informations Techniques des Services Vétérinaires*, 1984.
 - **JOUVE J.L. (1990)** Microbiologie alimentaire et filière viande. *Viandes Prod. Carnés* 11:207-213
 - **JOUVE.J.L.(1996)**: la qualité microbiologique des aliments "maîtrise critère" ed: C.N.E.R.N.A.C.N.R.s. 2ième édition, p445-468.
 - **QUILICHINI Y., FAUTRAT V. & Cartier P. (1987)** Optimisation hygiénique du premier traitement des abats en abattoir. *Rapport In/et-bey Iteb:1-57*
 - **R.ROSSET(1981)** : Hygiène et technologie de la viande fraîche, Ed : CNRS, p145.
 - **Rosset. R(1974)** : problème microbiologique concernant le traitement des viandes par réfrigération et congélation Rey.gen, froid, Paris, p65.
 - **ROSSET.R (1988)** : réfrigération et congélation.in : microbiologie alimentaire, aspect microbiologique et sécurité et de la qualité alimentaire. Ed :tec et doc,lavoisier,vol 1,paris,p371,p393.
 - **ROTHENBERG C.A., Berry B.W. & Oblinger J.L. (1982)** Microbiological characteristics of beef Longues and livers as affected by temperature-abuse and packaging systems. *J. Food Prot.* 45: 527-532

- **MOËVLI**, Le point sur la couleur de la viande bovine. Institut de l'élevage, 2006.
<http://www.inst-elevage.asso>.
- **PICARD.B, BAUCHARD.D, CULIOLI.J, DRANSFIELD.E, JAILLER.R, JURIE.C, LEPETIT.J, LISTRAT.A, OUALIA, RUDEL.S, GEAY.Y**, Caractéristiques des muscles de taurillons et de vaches de réforme de quatre races bovines du massif Central. <http://www.inra.fr/productions-animales>
- **PIERRET.P, BREUVART.A, EISENZAEMMER.C**, Variabilité des poids et des conformations de carcasses de femelles bovines charolaises d'un groupement de producteurs de Bourgogne. Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 272.
- **RENAND.G, LARZUL.C, LE BIHAN-DUVALE, LE ROY.P**, L'amélioration génétique de la qualité de la viande dans différentes espèces : situation actuelle et perspectives à court et moyen terme. INRA Prod. Anim., 2003, 16, 159-173.
- **RENERRE.M**, La mesure de la couleur de la viande. Journées Science du Muscle et Technologie de la Viande, 2006, 257. <http://www.jsmtv.org>
- **VOTE.D.J, BELK.K.E, TATUM.J.D, SCANGA.J.A, SMITH.G.C**, Online prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with BeefCam module. J. Anim.Sci., 2003, 81, 457-465.
- **WIKIPEDIA (2008)** : abattoir. Ed : encyclopédie libre. Renc. Rech. Ruminants, 2002, 9, 268
- **AFSSA.2002 (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments)** Fiche de description de dangers transmissibles par les aliments : *Salmonella spp.* AFSSA 6p. <http://www.infectiologie.com>.