

Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi

Institut des Sciences et des Techniques Appliquées

Département de Génie Biologique



Polycopié de cours

UEF1 : Viandes et produits carnés



Niveau : 3ème Année Licence Professionnalisante

**Spécialité : Valorisation et qualité des produits
agroalimentaires (VQPA)**

Auteur : Dr. SANAH Ibtissem
Enseignante-Chercheur

Avant-propos

Ce module de formation, destiné aux étudiants de troisième année de la licence professionnalisante du département de génie biologique à l'Institut des sciences et des techniques appliquées, constitue un socle fondamental en matière de viandes et produits carnés. Ce polycopié exhaustif aborde l'intégralité des connaissances requises dans ce domaine.

Ce cours vise à fournir une analyse approfondie des procédés technologiques mis en œuvre dans les industries de la viande et des produits carnés. Après une introduction générale sur la viande, incluant un aperçu de la production nationale algérienne et une étude anatomique des animaux de boucherie, le programme aborde huit chapitres fondamentales. Ces derniers englobent :

La composition biochimique et la structure histologique du muscle ; la chaîne de production de la viande avec l'analyse des étapes successives, de l'abattage à la commercialisation, en passant par la transformation primaire. Etude des modifications biochimiques et physico-chimiques induites par la mort de l'animal et leur impact sur la qualité de la viande (les processus *post-mortem*), comparaison des caractéristiques et des propriétés de différentes viandes tels que : viandes de poisson, de volaille, d'œuf et de lapin ; étude des méthodes d'analyse et des critères de qualité pour les produits traditionnels et industriels ; identification des facteurs responsables de la dégradation des viandes et des produits carnés. Et enfin, les méthodes de conservation, ou les techniques utilisées pour prolonger la durée de vie des produits et assurer leur sécurité sanitaire sont présentées.

L'objectif global de la matière est de former des professionnels capables de maîtriser l'ensemble des étapes de production et de transformation de la viande, depuis la matière première jusqu'au produit fini, en intégrant les aspects scientifiques, technologiques et réglementaires.

Objectifs pédagogiques du cours

À l'issue de ce cours, l'étudiant sera en mesure de :

- Maîtriser la composition biochimique et structurale du muscle.
- Comprendre les processus biochimiques et physico-chimiques sous-jacents à la transformation musculaire en viande, en intégrant les aspects post-mortem.
- Évaluer les qualités organoleptiques, nutritionnelles et fonctionnelles des viandes et des produits carnés.
- Identifier les caractéristiques spécifiques des différentes espèces animales (bovin, volaille, poisson, etc.) utilisées dans la production carnée.
- Caractériser les produits carnés transformés traditionnels et industriels (saucisse, pâté, etc.) en termes de composition, de procédés de fabrication et de propriétés.
- Détecter les altérations des produits carnés et appliquer les méthodes de conservation appropriées.

Important : La compréhension de ce cours nécessite des pré-requis en biochimie et microbiologie générale, en biochimie alimentaire et en enzymologie.

Fiche descriptive du cours

Enseignante : Dr. SANAH Ibtissem (sanah.ibtissem@univ-ueb.dz)

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences alimentaires

Intitulé du cours : Viandes et produits carnés

Public ciblé : Etudiants 3ème Année Licence Professionnalisante .Spécialité : Valorisation et qualité des produits agroalimentaires (VQPA)

Démarche pédagogique : Expositive.

Méthodes pédagogiques : Affirmatives.

Durée (VHG) : 25 Heures

Volume horaire hebdomadaire :1.30h

Crédits : 3 ; **Coefficient** : 3

Semestre : 6 de l'année universitaire

Mode d'évaluation : Examen écrit et continu

Table de matière

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1. Définition de la viande.....	1
2. Principaux cheptels.....	1
3. Production de viandes en Algérie.....	2
4. Etude de la structure des organes des animaux de boucherie.....	2

Chapitre I : Filière viande

1. Abattoir.....	3
1.1 Impératifs pour la construction d'un abattoir.....	3
1.2 Equipements.....	4
2. Chaîne d'abattage de bovin.....	4
2.1 Déchargement des animaux et stabulation.....	5
2.2 Mise à mort.....	5
2.3 Saignée.....	5
2.4 Dépouille.....	5
2.5 Eviscération.....	6
2.6 Dissection.....	6
2.7 Visite post-mortem.....	6
2.8 Ressuage et expédition.....	6
3. Rendement en poids mort par rapport au poids vif.....	6
4. Atelier de découpe.....	7
5. Conditionnement, l'emballage et l'étiquetage.....	8
6. Etal.....	8
7. 5ème quartier.....	9
8. Principales coupes du gros bétail bovin.....	9

Chapitre II : Transformation du muscle en viande

1. Définition du muscle.....	11
1.1 Composition chimique du muscle strié.....	11
1.2 Structure du muscle strié.....	11
2. Différentes phases de transformation du muscle en viande.....	12
3. Evolution des paramètres physico-chimiques et biochimiques.....	14
4. Evolution structurale.....	16
5. Evolution enzymatique.....	17
6. Facteurs de variation de la maturation de la viande.....	17
7. Méthodes de la mesure de la tendreté.....	19
8. Evolution de la couleur de la viande.....	19

Chapitre III : Poissons

1. Définition de poissons.....	20
2. Principaux poissons alimentaires.....	20
3. Altérabilité des poissons.....	21
4. Conservation des poissons.....	22
5. Qualité bactériologique du poisson et des produits de pêche.....	23

6. Processus d'altération des produits de la pêche.....	23
7. Contrôle de qualité de poisson.....	24

Chapitre IV : Filière volaille, œufs et ovoproduits

1. Production de volaille	25
1.1 Présentation et commercialisation de volaille.....	25
1.2 Principaux postes du cout de production.....	26
1.1.1 Les gains de production.....	26
1.1.2 L'aliment et les matières premières.....	26
1.1.3 Prix du poussin.....	26
2. Abattage et transformation de volaille.....	26
3. Qualités physico-chimiques et organoleptiques.....	27
4. Œufs et ovoproduits.....	28
4.1 Définition de l'œuf	28
4.2 Structure et valeur nutritionnelle de l'œuf.....	28
4.3 Conservation des œufs.....	29
4.4 Ovo produits.....	30

Chapitre V : Filière cunicole

1. Cuniculture en Algérie.....	32
2. Production et consommation de viande de lapin.....	32
3. Qualités nutritionnelles et diététiques.....	33
4. Paramètres morphométriques et zootechniques.....	34
5. Description des étapes d'abattage et de traitement des carcasses.....	34
6. Description d'un abattoir cunicole.....	35

Chapitre VI : Charcuterie

1. Définition de charcuterie.....	36
2. Ingrédients et additifs.....	36
3. Processus de fabrication du Cachir.....	38
4. Processus de fabrication du Merguez.....	39

Chapitre VII : Valorisation des produits carnés traditionnels

1. Définition des produits carnés traditionnels.....	40
1.1 Khliaa Ezir.....	40
1.2 El Guedid.....	41
1.3 Balangu.....	41
1.4 Tsire.....	42

Chapitre VIII : Différentes altérations de viande et méthodes de conservation

1. Méthodes de conservation de viande.....	43
1.1 Méthodes traditionnelles.....	43
1.2 Méthodes modernes.....	43
2. Différentes altérations de viande et des produits carnés.....	44
3. Écologie microbienne de la viande.....	44
4. Origines de contamination.....	44
5. Différents types d'altérations.....	45

Liste de Figures

Figure 01.	Etapes clés de la chaîne d'abattage de bovin.....	4
Figure 02.	Stabulation des animaux après déchargement.....	5
Figure 03.	Principales coupes du gros bétail bovin.....	10
Figure 04.	Organisation structurale du muscle strié squelettique.....	11
Figure 05.	Organisation ultra-structurale du muscle strié squelettique.....	12
Figure 06.	Etapes de transformation du muscle en viande.....	14
Figure 07.	Evolution du pH et d'ATP au cours du temps post mortem.....	15
Figure 08.	Evolution post mortem du pH et de la pression osmotique de la viande au temps post mortem.....	16
Figure 09.	Profil d'évolution de la dureté.....	17
Figure 10.	Principaux poissons alimentaires.....	20
Figure 11.	Différentes présentations de poulet.....	25
Figure 12.	Structure de l'œuf.....	29
Figure 13.	Principales opérations de la technologie de la production des ovoproduits....	31
Figure 14.	Diagramme de préparation de Khliaa Ezir.....	40
Figure 15.	Diagramme de préparation de Guedid.....	41
Figure 16.	Balangu.....	41
Figure 17.	Diagramme de préparation de Tsire.....	42
Figure 18.	Autres produits carnés traditionnels.....	42

Liste de tableaux

Tableau 01.	Rendement d'abattage de quelques espèce animales	6
Tableau 02.	5ème quartier	9
Tableau 03.	Composition biochimique de l'œuf.....	29
Tableau 04.	Différentes formes de commercialisation des ovoproduits intermédiaires...	30
Tableau 05.	Présentation commerciale des ovoproduits élaborés.....	30
Tableau 06.	Composition chimique et valeur énergétique des viandes (pour 100 g de partie comestible).....	33

La filière de la viande constitue un ensemble de processus successifs visant à transformer des animaux d'élevage en produits carnés destinés à la consommation humaine.

Ce secteur se décompose en trois étapes principales : l'abattage, effectué dans des abattoirs, la découpe, réalisée en ateliers spécialisés, et la transformation, qui englobe toutes les opérations ultérieures jusqu'à la mise en marché.

1. Abattoir

Les établissements d'abattage constituent un maillon essentiel de la chaîne alimentaire animale. Ces structures, dédiées à l'abattage des animaux destinés à la consommation humaine, présentent une diversité de modèles en fonction de leur statut juridique, de leur taille et de leurs activités.

En fonction de leur mode de gestion, les abattoirs peuvent être catégorisés en :

a-Abattoir public communal : Établissement d'abattage géré par une commune, destiné à répondre aux besoins des éleveurs locaux et des consommateurs.

b-Abattoir privé industriel : Établissement d'abattage appartenant à une entreprise privée, souvent de grande taille, et destiné à une production de viande à grande échelle.

c-Abattoir privé coopératif : Établissement d'abattage géré par une coopérative agricole, permettant aux éleveurs de maîtriser la chaîne de valeur de leur production.

1.1 Impératifs pour la construction d'un abattoir

La construction d'un abattoir est un projet complexe qui nécessite une planification minutieuse et le respect de nombreuses normes. Voici les principaux impératifs à prendre en compte :

a. Localisation et environnement

- **Zone industrielle:** L'abattoir doit être situé dans une zone industrielle, éloignée des zones résidentielles pour éviter les nuisances olfactives et sonores.
- **Accès:** Il doit être facilement accessible par les véhicules de transport des animaux et des produits finis.
- **Réseaux:** Un accès aux réseaux d'eau, d'électricité et d'assainissement est indispensable.
- **Topographie:** Le terrain doit être plat ou présenter une légère pente pour faciliter l'écoulement des eaux usées.
- **Environnement:** L'abattoir doit respecter les normes environnementales en vigueur pour éviter toute pollution des sols et des eaux.

b. Conception et Architecture

- **Flux continu:** La conception doit permettre un flux continu des animaux, du plus propre au plus sale, pour éviter toute contamination croisée.
- **Séparation des zones:** Les zones de réception des animaux, d'abattage, de découpe et d'emballage doivent être clairement séparées.
- **Éclairage et ventilation:** L'abattoir doit être bien éclairé et ventilé pour assurer une bonne hygiène et le confort des travailleurs.

c. Hygiène et Sécurité

• **Normes sanitaires:** L'abattoir doit respecter les normes sanitaires en vigueur pour garantir la qualité et la sécurité des produits.

• **Personnel qualifié:** Le personnel doit être formé aux bonnes pratiques d'hygiène et de sécurité.

1.2 Équipements

Les équipements d'abattage doivent être adaptés à la taille de l'abattoir et au type d'animaux abattus, les contraintes architecturales du site et d'optimiser l'ergonomie des postes de travail afin de minimiser la pénibilité des tâches. Les matériaux utilisés doivent être faciles à nettoyer, résistants à la corrosion et aux produits désinfectants.

La chaîne d'abattage est conçue de manière à maintenir la carcasse en suspension tout au long du processus. Les opérateurs, positionnés à des postes de travail fixes, procèdent aux différentes opérations. Les carcasses sont acheminées d'un poste à l'autre grâce à un système de rails inclinables, optimisant ainsi la gestuelle des ouvriers.

2. Chaîne d'abattage de bovin

La chaîne d'abattage bovine est un ensemble d'opérations techniques visant à transformer des animaux vivants en produits carnés, elle comprend plusieurs étapes (Figure 01).

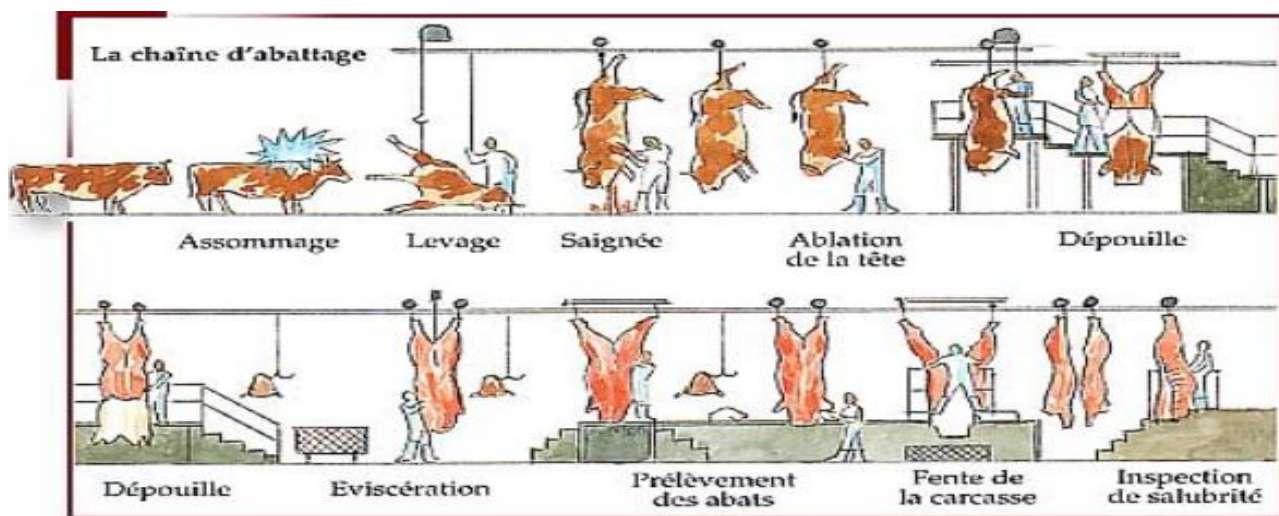


Figure 01. Etapes clés de la chaîne d'abattage de bovin.

2.1 Déchargement des animaux et stabulation

À leur arrivée dans l'établissement, les animaux font l'objet d'une pesée et d'une identification individuelle par l'attribution d'un numéro d'abattage. Une fiche sanitaire est établie pour chaque bête. Par la suite, les animaux sont placés en stabulation pour une période de 24 heures, durant laquelle ils bénéficient d'un repos et d'une diète hydrique. Un examen vétérinaire ante-mortem est alors réalisé. Dans certains cas, les animaux sont soumis à une douche avant l'abattage (Figure 02).



Figure 02. Stabulation des animaux après déchargement.

2.2 Mise à mort

L'abattage rituel islamique n'est obtenu qu'en observant les conditions suivantes : Que l'animal soit abattu au moyen d'un outil dont la lame est tranchante à tel point que le sang coule. Que le fait d'ôter la vie à l'animal en question soit entrepris à partir de la gorge ou à partir du cou.

Dans les pays occidentaux, avant l'abattage des animaux, l'anesthésie de l'animal peut être obtenue par l'un des moyens suivants : Pistolet à tige percutante, Electrocutation en caisson, ou Asphyxie.

2.3 Saignée

Aussitôt après, on saigne les bovins en sectionnant les veines jugulaires (animal suspendu par une patte arrière).

2.4 Dépouille

Une fois l'animal mort, le cuir est séparé de la carcasse c'est ce que l'on appelle la dépouille. Le cuir sera récupéré, traité puis commercialisé. L'opération d'écorchage est réalisée à l'aide d'un couteau électrique équipé de deux disques rotatifs munis de dents tranchantes, oscillant en sens inverse. Une alternative consiste à employer un appareil pneumatique spécifiquement conçu pour cette tâche, communément appelé "hide-puller".

2.5 Eviscération

Cette étape doit être réalisée dans les plus brefs délais. Les viscères abdominaux (estomac et intestins) sont extraits et transportés vers les unités de traitement appropriées. Quant aux organes thoraciques (cœur et poumons), ils sont suspendus pour faciliter une inspection minutieuse.

2.6 Dissection

Afin de séparer la carcasse en deux demi-coquilles, une incision longitudinale est pratiquée à l'aide d'une scie électrique le long de la colonne vertébrale et du sternum.

2.7 Visite *post-mortem*

Les carcasses et les abats font l'objet d'un examen *post-mortem* rigoureux par un vétérinaire ou des inspecteurs sanitaires. Les spécimens présentant des anomalies sont alors isolés sur une chaîne de triage spécifique afin de subir des analyses complémentaires consignées.

2.8 Ressuage et expédition

Le ressuage des carcasses s'effectue dans une chambre froide où circule un flux d'air forcé à 10°C environ. Ce processus entraîne une perte de poids d'environ 2% due à l'évaporation de l'eau contenue dans les tissus. Une fois ce stade achevé, les demi-carcasses sont acheminées soit vers les commerces de détail, soit vers des entrepôts frigorifiques pour y être stockées, soit réfrigérées, soit congelées.

3. Rendements en poids mort par rapport au poids vif

Définition du rendement : Le rendement à l'abattage représente le rapport entre le poids de la carcasse (poids mort) et le poids de l'animal vivant (poids vif). En d'autres termes, il indique la proportion de l'animal qui est transformée en viande consommable après l'abattage et la découpe.

La théorie officielle admet les rendements suivants (Tableau 01):

Tableau 01. Rendement d'abattage de quelques espèce animales.

Espèce animal	Rendement (%)
Bœufs	55
Veaux	60
Moutons	50
Porc	70

Néanmoins, ces rendements sont soumis à des variations liées à l'âge, à la race et à l'état physiologique des animaux.

La connaissance précise des rendements permet d'établir une corrélation entre le poids et le prix de la viande nette, et de déterminer ainsi la valeur ajoutée de la transformation de la carcasse par rapport à l'animal sur pied.

Exemple :

☞ Les poids vifs d'un mouton et d'un veau sont respectivement de 52 kg et 2050 kg. Afin de déterminer le poids de la carcasse, on applique la formule : Poids de carcasse = Poids vif x Coefficient de rendement.

N.B/

La perte en eau par évaporation, particulièrement importante dans les viandes maigres exposées à l'air libre, doit être intégrée dans le calcul des coûts de production. Cette perte est variables selon les espèces, sont évaluées à 7% pour les bovins, 8% pour les veaux et 10% pour les ovins.

4. Ateliers de découpe

Définition : Un atelier de découpe est un lieu spécialisé où les carcasses d'animaux abattus sont transformées en morceaux de viande destinés à la consommation. C'est là que la viande subit les opérations de découpe, de désossage et de parage afin d'obtenir les différentes pièces qui seront ensuite distribuées aux boucheries, aux grandes surfaces ou à l'industrie agroalimentaire.

Les ateliers de découpe de viande doivent impérativement respecter les normes suivantes afin de garantir la salubrité et la traçabilité des produits :

• Locaux dédiés:

- **Chambre froide:** Un espace frigorifique de capacité adaptée est indispensable pour stocker les carcasses avant leur transformation.
- **Atelier de transformation:** Un local distinct doit être aménagé pour les opérations de désossage, de découpe et de conditionnement primaire.
- **Zone d'emballage:** Un espace dédié à l'emballage final des produits est requis.
- **Entreposage:** Des chambres froides, voire des unités de congélation ou de surgélation, sont nécessaires pour stocker les produits découpés. Le stockage conjoint de viandes emballées et non emballées est strictement interdit.

• Équipements et services

- **Local vétérinaire:** Un espace aménagé doit être mis à la disposition du service vétérinaire pour les contrôles sanitaires.
- **Hygiène du personnel:** Des vestiaires et des sanitaires doivent être fournis au personnel.
- **Gestion des déchets:** Un local sécurisé ou des conteneurs étanches sont obligatoires pour stocker les déchets carnés non destinés à la consommation humaine.
- **Nettoyage:** Un espace équipé doit être réservé au nettoyage régulier du matériel utilisé (bacs, récipients, etc.).

5. Conditionnement, l'emballage et l'étiquetage

Les emballages doivent impérativement porter les mentions réglementaires suivantes :

- **Identification de l'origine:** Nom ou raison sociale de l'établissement de découpe.
- **Dénomination précise:** Nom du produit.
- **Certification sanitaire:** Reproduction du marquage sanitaire de l'établissement.
- **Traçabilité:** Date de conditionnement.
- **Durée de conservation:** Date limite de consommation.
- **Information commerciale:** Prix de vente.
- **Quantité:** Poids net du produit.
- **Conservation:** Conditions de stockage recommandées (température).

Remarque : Afin de garantir la traçabilité et prévenir toute substitution, les étiquettes doivent être conçues de manière à être détruites lors de l'ouverture de l'emballage. Toute réutilisation d'étiquette est strictement interdite.

6. L'étal : Traditionnellement, le terme « étal » est associé à l'ensemble du lieu de vente d'une boucherie.

Bien que l'aménagement des comptoirs de vente puisse varier d'une boucherie à l'autre, un équipement de base commun est indispensable. Celui-ci comprend notamment :

A. Espaces de stockage et de préparation

Chambres froides : De dimensions plus modestes, elle est conçue pour entreposer les viandes prêtes à la vente. Son accès doit être facilité depuis la salle de vente afin d'optimiser la gestion des stocks. Les portes de ces deux chambres doivent être équipées de mécanismes permettant une ouverture aisée de l'intérieur comme de l'extérieur, pour des raisons de sécurité et de praticité.

Tables de découpe : En nombre suffisant pour répondre aux besoins de production.

Balance : Un équipement de pesage précis est indispensable pour la vente au poids des morceaux de viande.

Armoire à pharmacie : Elle doit être équipée des produits de premiers secours requis par la réglementation en vigueur.

B. Espace de vente

Vitrines réfrigérées : Elles permettent de présenter les produits de manière attrayante et d'en préserver la fraîcheur.

Tables de travail : Utilisées pour la préparation des commandes à la demande des clients.

Balances automatiques : De préférence électro-optiques, elles offrent une lecture précise du poids et du prix, favorisant ainsi la transparence des transactions. Les modèles à double affichage sont particulièrement appréciés par la clientèle.

Machine à hacher : Cet équipement permet de réaliser des préparations sur mesure devant le client.

Tableau d'affichage : Utilisé pour communiquer des informations commerciales ou promotionnelles.

Caisse : Équipement essentiel pour la gestion des transactions financières.

C. Dimensionnement des espaces

La taille des différentes zones, en particulier des chambres froides, doit être proportionnelle au volume d'activité de la boucherie. Une étude préalable des besoins permettra de déterminer les dimensions optimales de chaque espace.

7. 5ème quartier

➤ Comprend tous les sous-produits que donne l'abattage en dehors de la viande (Tableau 02):

Tableau 02. : 5ème quartier.

Abats rouges	Abats blancs	Issues	Glandes opothérapeutiques
-Tête.	-Mamelle (utilisée en charcuterie).	- Peau	Glandes de toutes natures (foie, bile, pancréas, thyroïde, thalamus...) utilisées en pharmacie ou en laboratoire
-Cervelle.	-Pieds	- Poils.	
-Langue.	-Estomacs.	- Cornes.	
-Ris	-Intestins + œsophage	-Sang.	
-Basse	-Crépine.	- Suif	
-Foie		- Os.	
-Rognons.		- Caillettes	
-Rate.		-Vessies	
-Sang		- Déchets divers.	

8. Principales coupes du gros bétail bovin

Par le biais des opérations de découpe et de désossage, le boucher procède à l'isolement, au sein de la carcasse, de portions carnées correspondant à des muscles individuels ou à des groupes musculaires. La nomenclature de ces pièces découpées est généralement établie en référence à leur morphologie, leur fonction, leur localisation anatomique ou leur composition. Par souci de simplification, le boucher peut regrouper plusieurs muscles sous une même dénomination.

La colonne vertébrale, divisée selon les plans sagittal et transversal, se subdivise en deux demi-colonnes et, pour chacune d'elles, en une partie antérieure et une partie postérieure (Figure 03).

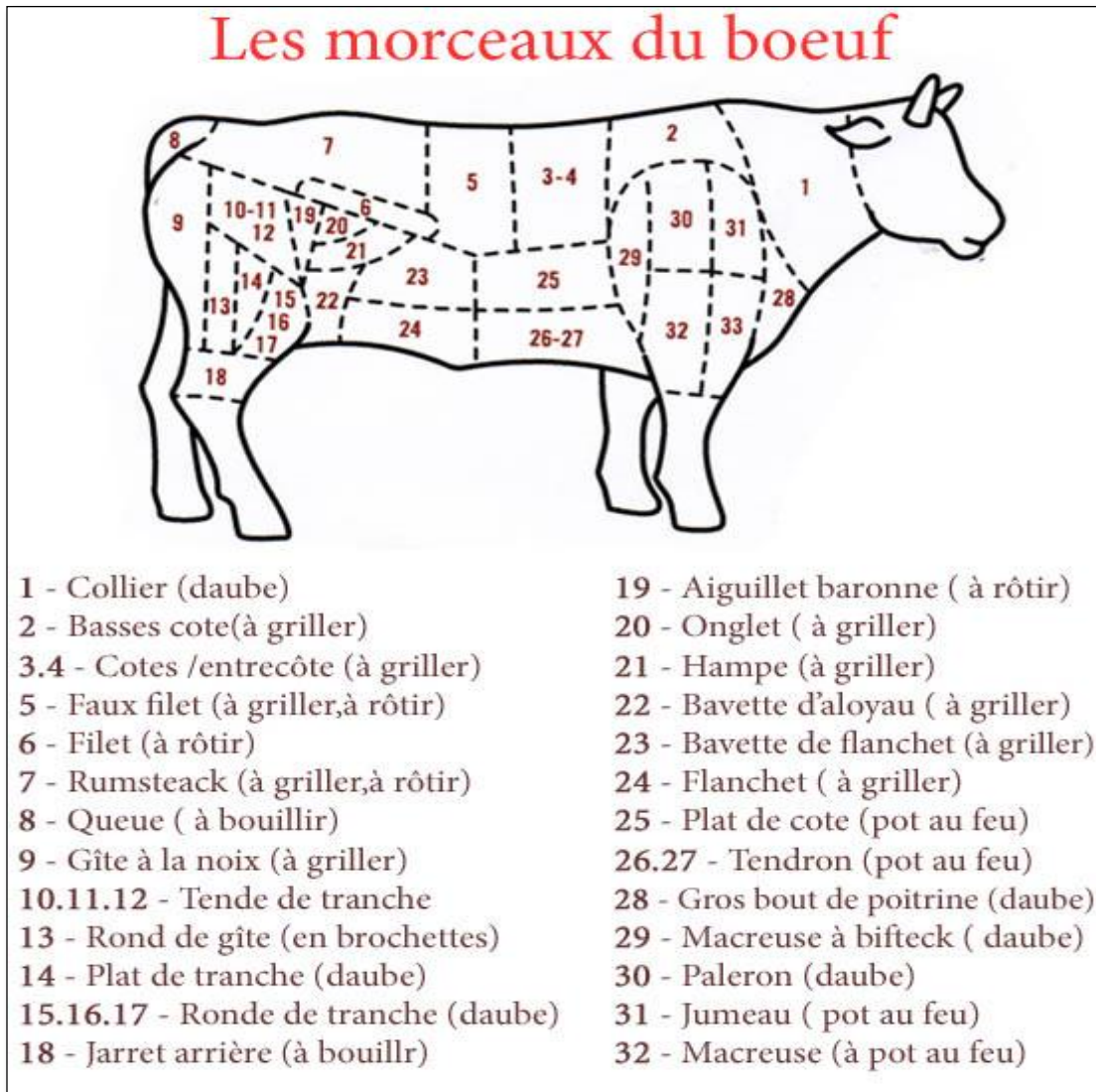


Figure 03 : Principales coupes du gros bétail bovin.

1. Définition du muscle

Un muscle est un organe contractile, c'est-à-dire capable de se raccourcir et de se relâcher, permettant ainsi le mouvement. Les muscles sont composés de fibres musculaires qui, sous l'impulsion du système nerveux, se contractent et se relâchent. Ils jouent un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions de l'organisme, de la locomotion à la digestion.

1.1 Composition chimique du muscle strié

Le muscle squelettique est principalement constitué d'eau (environ 75% de son poids frais) et de protéines (18,5%). Les lipides, bien que variables d'un individu à l'autre (1,5 à 13%), représentent en moyenne 3% de sa masse. Les glucides, les composés azotés non protéiques et les minéraux sont présents en quantités plus faibles, de l'ordre de 1%. Cette composition biochimique influence directement les qualités organoleptiques de la viande : l'eau contribue à sa jutosité, l'eau et les sucres à sa saveur, les sucres et les lipides à sa saveur, la myoglobine à sa couleur et les protéines insolubles à sa tendreté.

1.2 Structure du muscle strié

Chez les mammifères, le tissu musculaire squelettique, représentant une part importante de la masse corporelle (30 à 40%), présente une organisation hiérarchisée. Les fibres musculaires striées, unités fonctionnelles du muscle, sont regroupées en faisceaux de taille variable, délimités par le périmysium. L'ensemble du muscle est enveloppé par l'épimysium, tandis que chaque fibre individuelle est entourée d'endomysium. La matrice extracellulaire de ces tissus conjonctifs, principalement constituée de collagène, assure le soutien structurel et la transmission des forces contractiles. Les fibres musculaires, riches en myofibrilles, occupent la majeure partie du volume musculaire (Figure 04).

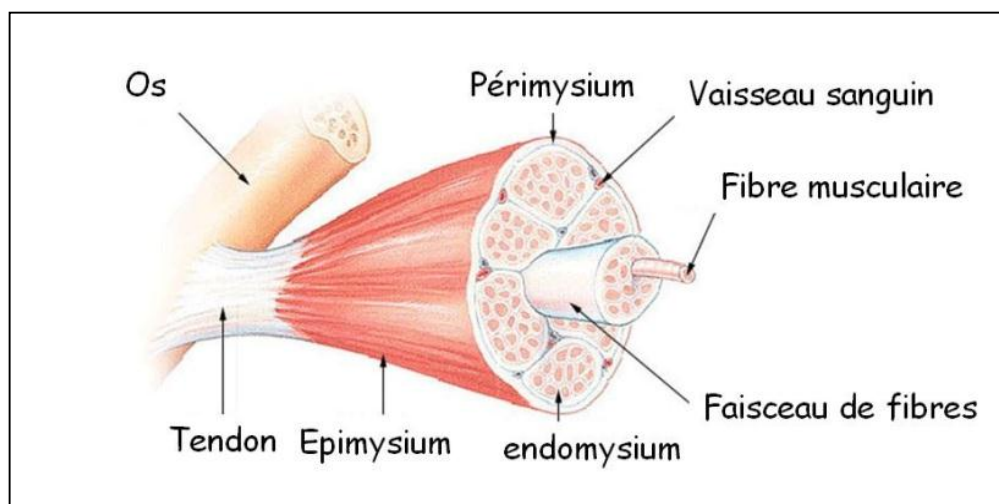


Figure 04. Organisation structurale du muscle strié squelettique.

Le sarcomère (Figure 05), unité fonctionnelle de la myofibrille, présente une longueur moyenne de 2 micromètres à l'état de repos. En microscopie électronique, après coloration négative à l'acétate d'uranyl et au citrate de plomb, il est délimité par deux stries Z, situées au centre des bandes I claires. Ces bandes I, s'étendant sur deux sarcomères contigus, sont susceptibles de se raccourcir ou de s'allonger lors de la contraction ou de la relaxation musculaire, respectivement. En revanche, la bande A, plus dense aux électrons, conserve une largeur constante quelle que soit la longueur du sarcomère.

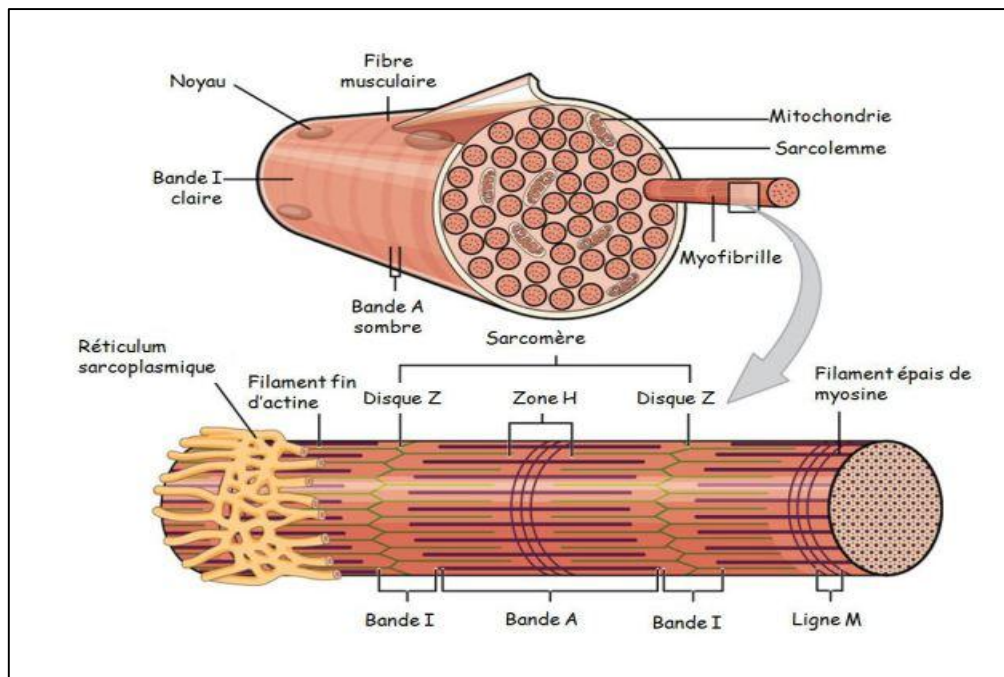


Figure 05. Organisation ultra-structurale du muscle strié squelettique.

Immédiatement après l'abattage, la structure myofibrillaire des muscles subit des transformations profondes, étroitement liées au profil enzymatique et aux propriétés physico-chimiques spécifiques de chaque fibre musculaire

2. Différentes phases de transformation du muscle en viande

La transformation du muscle en viande est un processus post-mortem dynamique, régi par des mécanismes enzymatiques et physico-chimiques complexes. Les propriétés organoleptiques de la viande (tendreté, couleur, saveur et jutosité) sont directement liées à ces transformations, qui sont influencées par divers facteurs, dont les conditions environnementales et l'activité enzymatique endogène. Traditionnellement, ce processus est divisé en trois phases distinctes :

a. Etat pantelant

Immédiatement après l'abattage, le muscle, bien que vivant, se relâche et entre dans une phase de flaccidité appelée « apoptose ». Ce phénomène, observable pendant au moins 30 minutes chez les bovins, correspond à une courte période d'excitabilité musculaire liée à la survie du système nerveux. La tendreté du muscle durant cette phase est remarquable, comparable à celle obtenue après une maturation de quinze jours, suggérant un début de processus d'apoptose musculaire.

b. Etat de rigidité cadavérique

La rigidité cadavérique, ou *rigor mortis*, survient progressivement après la résolution de la phase initiale. Elle se manifeste par une inextensibilité musculaire marquée, rendant les articulations rigides. Parallèlement, la solidification des graisses contribue à augmenter la fermeté globale du cadavre.

Ce phénomène suit une progression chronologique précise : la tête et le cou sont les premières régions affectées, suivies des membres antérieurs, de la région dorsale et enfin des membres postérieurs. Cette phase est concomitante à une baisse du pH musculaire, conséquence directe de l'arrêt de la circulation sanguine et du passage à un métabolisme anaérobie.

Lors d'une période de stress énergétique intense, les réserves musculaires de glycogène (sucre) sont entièrement consommées. En l'absence d'oxygène suffisant, ce glycogène est transformé en acide lactique par fermentation lactique. Cet acide, ne pouvant être évacué du muscle en raison d'une circulation sanguine compromise, s'accumule progressivement, entraînant une acidification du milieu intracellulaire (baisse du pH). Cette acidification progressive conduit à une rigidification du muscle, atteignant un maximum de dureté après environ 24 heures lorsque le pH stabilise à une valeur d'environ 5,5, appelée "pH ultime".

c. Etat de maturation

La maturation est un processus biochimique principalement piloté par des enzymes, qui se déroule de manière spontanée, sans apport énergétique significatif.

- Ce phénomène implique essentiellement des réactions hydrolytiques agissant sur les macronutriments : glucides, protéines et lipides, entraînant leur dégradation en molécules plus simples.
- Les réactions d'oxydo-réduction induisent des altérations significatives de molécules biologiques telles que les lipides (peroxydation), la myoglobine (oxydation) et les protéines contractiles (dégâts oxydatifs).

Les transformations post-mortem, notamment la maturation, induisent des modifications profondes de la composition cellulaire de la viande. Ces changements biochimiques sont à l'origine des qualités organoleptiques appréciées du consommateur : couleur, texture, saveur et jutosité. La

maturation, processus lent et dépendant de l'espèce, nécessite un stockage adéquat pour optimiser le développement de ces caractéristiques (Figure 06).

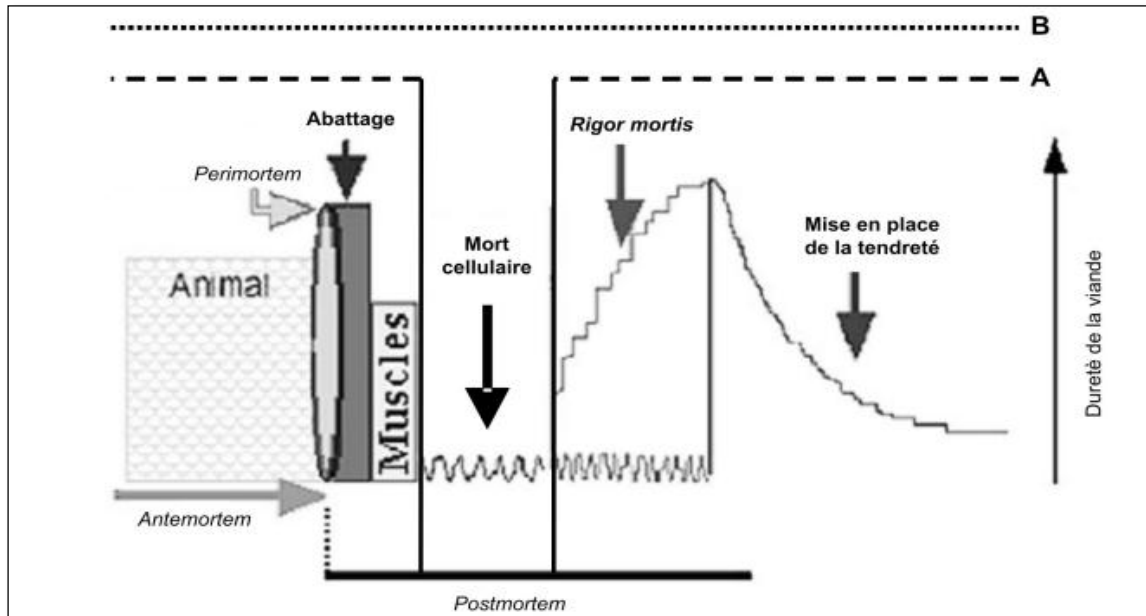


Figure 06. Etapes de transformation du muscle en viande.

3. Evolution des paramètres physico-chimiques et biochimiques

a. Evolution de la température

La température post-mortem des carcasses bovines, initialement proche de 40°C, connaît une diminution rapide et irrégulière en raison de la cessation des mécanismes thermorégulateurs et de l'influence de l'environnement frigorifique de l'abattoir. Cette baisse thermique est influencée par divers facteurs, notamment la composition corporelle de l'animal et la localisation musculaire. Les carcasses maigres refroidissent plus rapidement que les carcasses grasses, en raison du rôle isolant de la graisse. De même, les muscles profonds se refroidissent plus lentement que les muscles superficiels.

b. Evolution du pH

Dans les conditions physiologiques, l'ATP est la molécule énergétique centrale du muscle, dont le pH est maintenu entre 6,7 et 7,2. Après la mort, l'arrêt de la circulation sanguine interrompt le métabolisme oxydatif. Le muscle tente alors de préserver ses réserves d'ATP en les convertissant en ADP, puis en utilisant la phosphocréatine. L'épuisement de cette dernière entraîne une chute drastique des niveaux d'ATP, induisant une acidification progressive du tissu musculaire. Le passage à un métabolisme anaérobie et la dégradation du glycogène en acide lactique accentuent cette acidification. Le pH musculaire atteint ainsi un point d'équilibre d'environ 5,8 après 24 heures post mortem (Figure 07).

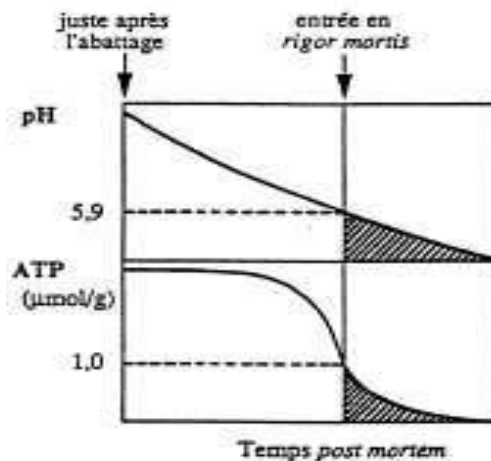


Figure 07 . Evolution du pH et d'ATP au cours du temps post mortem.

La cinétique d'atteinte du pH ultime est variable et dépend de multiples facteurs intrinsèques à la carcasse (espèce, race, type musculaire) et extrinsèques (température). Elle peut s'étaler de quelques minutes à deux jours.

La diminution du pH *post-mortem* est un facteur déterminant de la qualité de la viande. Elle est étroitement liée aux réserves de glycogène musculaire au moment de l'abattage. Un stress pré-abattage important, induisant une déplétion des réserves énergétiques, compromet l'acidification *post-mortem* et dégrade ainsi la qualité de la viande.

Les viandes peuvent présenter des altérations de qualité liées à des modifications de leur pH *post-mortem*. Ces altérations se manifestent par des caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques particulières. On distingue principalement deux types de viande altérée :

- **Viande DFD (Dark, Firm, Dry)** : Cette viande présente une couleur plus sombre que la normale, une texture ferme et sèche, et un pH plus élevé. Ces caractéristiques sont liées à une diminution de la capacité de rétention en eau et à une altération des protéines musculaires.
- **Viande PSE (Pale, Soft, Exudative)** : À l'inverse, la viande PSE est caractérisée par une couleur pâle, une texture molle et une forte exsudation d'eau. Ces altérations sont dues à une chute trop rapide du pH *post-mortem*, entraînant des modifications structurales des fibres musculaires.

c. Evolution de la capacité de rétention d'eau (CRE) et pourcentage d'eau reléguée (PER)

Au temps *post mortem*, les protéines myofibrillaires subissent des modifications de leur capacité de rétention d'eau. La baisse du pH, en rapprochant le milieu du point isoélectrique des protéines, induit un resserrement du réseau protéique. Cette compaction entraîne une diminution des espaces interstitiels et une expulsion de l'eau vers le milieu extracellulaire. La cinétique de cette perte en eau est directement corrélée à la vitesse de la chute du pH et est exacerbée par des températures élevées.

d. Evolution de l'osmolarité ou pression osmotique

L'évolution de la pression osmotique *post mortem* est étroitement liée aux processus de dégradation musculaire. L'augmentation de cette pression, consécutive à la libération d'ions et à l'accumulation de métabolites issus du métabolisme cellulaire, entraîne une perturbation de l'équilibre ionique et une modification du pH intracellulaire. Ces modifications favorisent la solubilisation des protéines myofibrillaires, altérant ainsi les structures contractiles. Parallèlement, l'augmentation de la pression osmotique facilite l'action des enzymes protéolytiques, accélérant ainsi les processus de protéolyse et contribuant à la maturation de la viande (Figure 08).

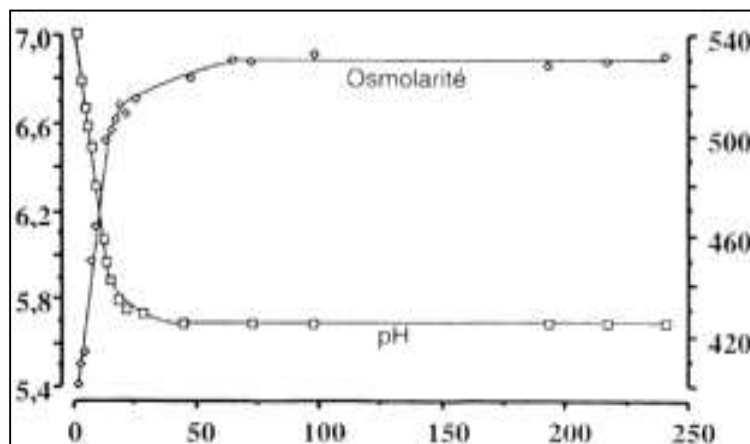


Figure 08. Evolution post mortem du pH et de la pression osmotique de la viande au temps *post mortem*.

4. Evolution structurale

a. Evolution de la structure myofibrillaire

L'attendrissage de la viande est un processus enzymatique complexe qui induit des modifications structurales profondes au sein des fibres musculaires. Ces transformations se caractérisent notamment par une désorganisation des sarcomères, se manifestant par la séparation des sarcomères, la perte de densité des lignes Z et M, la désalignement des stries Z et d'autres structures sarcomériques, ainsi que par une fragmentation transversale des myofibrilles

b. Evolution de la structure du tissu conjonctif

Les études ont démontré que le tissu conjonctif demeure relativement stable au cours du stockage de la viande, n'influençant ainsi que marginalement le processus d'attendrissage. Le collagène, constituant majeur du tissu conjonctif, présente une faible réactivité lors de la maturation, contribuant principalement à la texture initiale de la viande crue. Bien que le tissu conjonctif augmente la dureté de la viande avant cuisson, il subit une transformation en gélatine sous l'effet de la chaleur, entraînant ainsi un adoucissement significatif de la texture finale (Figure 09).

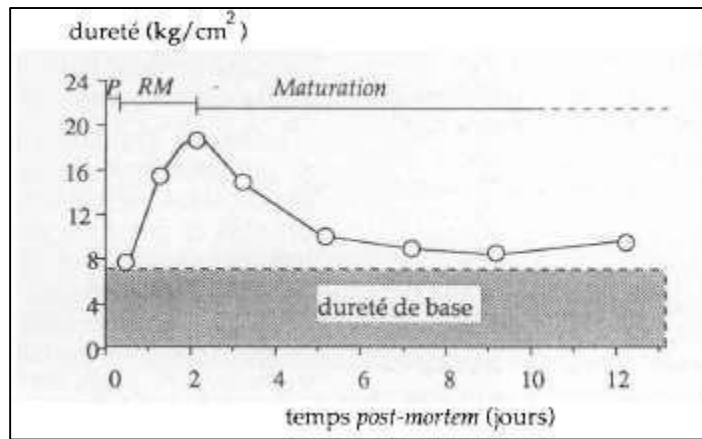


Figure 09. Profil d'évolution de la dureté.
(RM : rigor mortis ; P : état pantelant)

5. Evolution enzymatique

L'amélioration de la tendreté de la viande au cours de la maturation est étroitement liée à l'activité de systèmes enzymatiques protéolytiques. Les calpaines, les cathepsines lysosomales et les protéasomes jouent un rôle central dans ce processus. En clivant spécifiquement les protéines du muscle, ces enzymes affaiblissent les liaisons inter et intramyofibrillaires, ainsi que les liaisons entre les myofibrilles et le sarcolemme. Cette dégradation protéique contrôlée conduit à une relaxation progressive des fibres musculaires, optimisant ainsi la texture de la viande et améliorant ses qualités gustatives.

6. Facteurs de variation de la maturation de la viande

Les facteurs biologiques jouent un rôle déterminant dans la maturation de la viande. Ils influencent la composition chimique des muscles, la vitesse des réactions enzymatiques et la sensibilité de la viande à différents traitements.

✚ Facteurs biologiques

a. Espèce animale et race

Composition musculaire: Les différentes espèces animales présentent des compositions musculaires variées. Par exemple, le bœuf a une proportion de fibres musculaires différentes du porc ou de l'agneau. Cette composition influence directement la texture et la tendreté de la viande.

Métabolisme: Le métabolisme de chaque espèce influe sur la quantité de glycogène, de lipides et d'enzymes présentes dans le muscle, ce qui a un impact sur la vitesse et l'intensité de la maturation.

b. Âge de l'animal

Composition des tissus: Au fur et à mesure que l'animal vieillit, la composition de ses tissus se modifie. Le tissu conjonctif, notamment le collagène, augmente, ce qui rend la viande plus dure.

Activité enzymatique: L'activité des enzymes protéolytiques, responsables de l'attendrissement de la viande, diminue avec l'âge.

c. Sexe de l'animal

Hormones: Les hormones sexuelles influent sur la composition de la viande. Par exemple, la testostérone chez les mâles peut rendre la viande plus savoureuse mais aussi plus dure.

Répartition des graisses: La répartition des graisses dans la viande varie selon le sexe, ce qui peut avoir un impact sur la saveur et la tendreté.

d. Alimentation

Composition de l'alimentation: Une alimentation riche en acides gras insaturés peut favoriser la production d'enzymes protéolytiques et améliorer la tendreté de la viande.

Vitamines et minéraux: Certains nutriments peuvent influencer la qualité de la viande en agissant sur les processus métaboliques.

d. Stress pré-abattage

Un stress important avant l'abattage peut altérer la qualité de la viande en provoquant des modifications physiologiques qui affectent la maturation.

f. Génétique

Certaines races bovines sont naturellement plus prédisposées à produire une viande tendre et savoureuse.

✚ Facteurs technologiques

a. Influence de la température

La tendreté de la viande est influencée par la durée et la température de maturation, ainsi que par le moment où sont appliquées les méthodes de conservation.

Un refroidissement trop rapide des muscles entraîne une altération irréversible de la tendreté de la viande, même après une maturation prolongée. Ce phénomène, connu sous le nom de 'contracture au froid', se produit lorsque les muscles sont soumis à des températures inférieures à 10-12°C, à un pH supérieur à 6,0 et en présence d'ATP. Cette contracture empêche la résolution de la dureté de la viande au cours de la maturation.

b. Les promoteurs de croissance

Les promoteurs de croissance, tels que les anabolisants (e.g., le zéranol) et l'hormone de croissance, sont des substances utilisées en élevage pour augmenter la masse musculaire et réduire la teneur en graisse des carcasses. Cependant, leur utilisation systématique entraîne une diminution significative de la tendreté des viandes.

Facteurs de l'environnement « Conditions de transport »

Les opérations préalables à l'abattage, telles que le transport et la manipulation, induisent chez les animaux un stress important. Ce stress altère le métabolisme musculaire, accélérant la glycolyse post mortem et entraînant une chute rapide du pH. Cette acidification précoce du muscle est corrélée à une diminution de la tendreté de la viande.

7. Méthodes de la mesure de la tendreté

L'évaluation de la tendreté de la viande, ressentie lors de la mastication, demeure un défi en raison de la complexité des sensations perçues. Deux principales approches sont privilégiées : l'analyse sensorielle, reposant sur le jugement humain d'un panel de dégustateurs, et l'analyse instrumentale, qui quantifie objectivement les propriétés mécaniques de la viande. Cette dernière peut s'appuyer soit sur des mesures directes de force lors de la déformation du produit (cisaillement, pénétration, compression, tension, torsion et mastication), soit sur des mesures indirectes (longueur du sarcomère, indice de fragmentation myofibrillaire, l'électrophorèse SDS-PAGE) des composés biochimiques liés à la texture.

8. Evolution de la couleur de la viande

La coloration caractéristique de la viande bovine est principalement attribuable à la présence de myoglobine, un pigment riche en fer localisé au sein des fibres musculaires. Cette protéine joue un rôle crucial dans le stockage de l'oxygène au niveau musculaire, en complément de l'hémoglobine sanguine.

La couleur de la viande, principalement déterminée par la teneur en myoglobine et son état d'oxydation, constitue le critère d'achat le plus important pour le consommateur. La teinte rouge vif, caractéristique de la myoglobine oxygénée, est fortement associée à la fraîcheur et à la qualité du produit. Toutefois, l'exposition à l'air favorise l'oxydation de la myoglobine en metmyoglobine, induisant un brunissement de la viande et une dépréciation de sa valeur perçue par le consommateur au-delà d'un certain seuil.

La pression partielle en oxygène au sein d'un muscle varie selon un gradient décroissant de la surface vers le cœur. Cette hétérogénéité se manifeste visuellement par une zonation chromatique caractéristique sur une coupe de viande fraîche :

- une zone périphérique rouge vif (forte oxygénation),
- une bande intermédiaire brune (oxygénation intermédiaire)
- un cœur rouge pourpre (anoxie).

Les poissons représentent la majorité des espèces de vertébrés recensées à ce jour. Les estimations actuelles du nombre d'espèces ichtyologiques oscillent autour de 25 000, ce qui représente plus de la moitié de la biodiversité vertébrée connue. Compte tenu du rythme élevé de nouvelles découvertes, il est probable que ce chiffre atteigne, voire dépasse, les 30 000 espèces dans les prochaines années.

1. Définition de poissons

Sont des vertébrés au même titre que les animaux producteurs de viande. Les principales espèces sont : sardines, morues, thons, maquereaux, poissons plats (soles, turbots, limandes), colins, bars, raies, lottes, etc. (Figure 10).

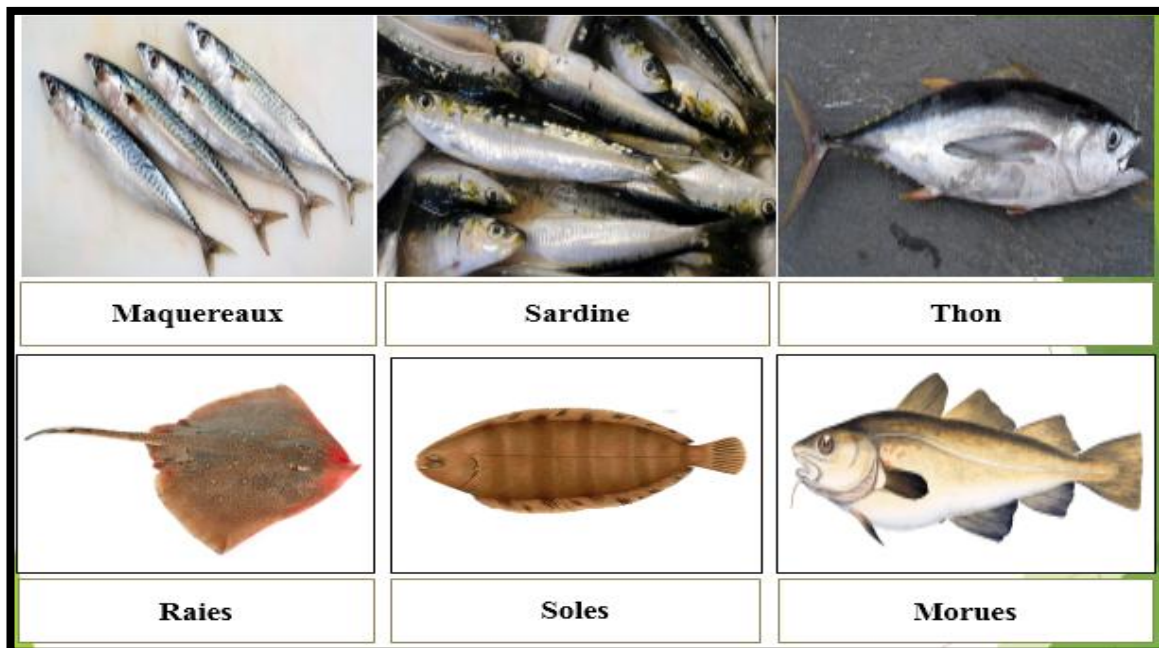


Figure 10. Principaux poissons alimentaires.

2. Principaux poissons alimentaires

Le poisson est un aliment de base dans de nombreuses cultures. Sa diversité est immense, tant en termes d'espèces que de saveurs. Les principaux poissons consommés à travers le monde sont :

a. Poissons gras

Les poissons gras sont particulièrement appréciés pour leur teneur élevée en lipides, principalement stockés sous forme de globules gras extracellulaires au sein de leur masse musculaire. Les principales espèces sont : le hareng, le sprat, l'anguille, la sardine, le saumon, l'anchois, le thon et le maquereau.

Il est important de noter que la composition lipidique de ces poissons présente des variations saisonnières significatives, étroitement liées à leur cycle de reproduction. À titre d'exemple, la teneur en graisse de la sardine peut fluctuer entre 1 et 20% en fonction de cette période.

De manière corrélative, ces variations de la teneur en lipides induisent des modifications inverses de la teneur en eau. En effet, la somme des teneurs en eau et en graisses au sein du tissu musculaire de ces poissons demeure relativement constante. Ainsi, pour la sardine, alors que la teneur en graisse peut varier entre 2 et 22%, la teneur en eau fluctue en sens inverse, passant de 76 à 58%.

b. Poissons maigres

Les poissons classés comme maigres présentent une particularité physiologique : ils accumulent leurs réserves lipidiques principalement dans le foie. Par conséquent, la partie consommée, essentiellement constituée de muscles, affiche une teneur en lipides sensiblement constante tout au long de l'année et inférieure à 5%. Cette faible teneur en graisses, majoritairement composée de phospholipides intracellulaires, est caractéristique d'espèces telles que la morue, l'églefin et le merlu.

Il est important de noter que cette classification en poissons maigres se base sur la teneur en lipides de la chair musculaire, qui peut varier considérablement entre les espèces et même au sein d'une même espèce en fonction de facteurs environnementaux.

c. Poissons plats

Les poissons plats, tels que le carrelet, la limande, le turbot, la sole et le flétan, présentent une particularité physiologique en accumulant des lipides non seulement dans leur foie, organe de stockage traditionnel des graisses chez les poissons, mais également dans leurs muscles. Ce phénomène, observé en périodes d'abondance alimentaire, modifie significativement la composition biochimique de ces espèces.

3. Altérabilité des poissons

Les poissons sont sujets à une dégradation post-mortem rapide de leurs tissus musculaires. Ce phénomène est induit par l'action conjuguée d'enzymes endogènes et de bactéries. Ces dernières, initialement localisées à la surface du poisson et dans son tractus intestinal, prolifèrent rapidement dans les tissus où le pH est favorable et les substrats nutritifs abondants. Cette croissance bactérienne entraîne la production de composés volatils sulfurés et azotés, tels que la triméthylamine, responsables des odeurs de décomposition caractéristiques.

Cette dégradation se manifeste également par un ramollissement de la chair, des modifications de couleur et l'apparition de mauvaises odeurs liées au rancissement des lipides. Pour limiter ces phénomènes, l'industrie agroalimentaire met en œuvre une variété de techniques de conservation, allant du froid à l'utilisation d'additifs, en passant par des procédés traditionnels comme le séchage ou le fumage.

4. Conservation des poissons

La conservation du poisson est un enjeu majeur pour garantir sa fraîcheur et sa qualité gustative. Plusieurs méthodes sont utilisées, chacune présentant ses avantages et ses inconvénients.

a. Méthodes de conservation courantes

- *Réfrigération*: C'est la méthode la plus courante pour une conservation de quelques jours. Le poisson doit être emballé dans du film alimentaire et placé dans la partie la plus froide du réfrigérateur (entre 0°C et 2°C).
- *Glaçage*: Le poisson est enveloppé dans de la glace pilée pour maintenir une température basse et ralentir la prolifération bactérienne.
- *Congélation*: La congélation permet de conserver le poisson pendant plusieurs mois. Il est important de bien emballer le poisson pour éviter les brûlures et les altérations de goût.

b. Méthodes de conservation traditionnelles

- *Séchage*: Le poisson est séché à l'air libre ou au soleil pour éliminer l'eau et concentrer les saveurs.
- *Salage* : du poisson est une technique de conservation millénaire qui consiste à déshydrater partiellement le poisson en le mettant en contact avec du sel. Ce procédé modifie profondément la composition et les propriétés du poisson, lui conférant une saveur particulière et une durée de vie plus longue. Il existe également le saumurage qui consiste à immerger le poisson dans une saumure (mélange d'eau et de sel) pour déshydrater les bactéries et améliorer sa conservation.
- *Fumaison*: Le poisson est exposé à la fumée de bois, ce qui lui donne un arôme caractéristique et le conserve plus longtemps.
- *Acidification* : Le poisson est initialement mariné dans une solution acide, puis conditionné en récipients. La couverture liquide (eau, saumure) est acidifiée à l'aide de vinaigre ou d'autres acides organiques (lactique, acétique, citrique ou tartrique). En entreposant ces préparations à des températures inférieures à 10°C, on assure leur conservation pendant plusieurs mois grâce à l'effet combiné de l'acidification et du froid.

c. Méthodes industrielles

- *Mise en conserve (Appertisation)*: Contrairement aux méthodes de conservation offrant une durée de vie limitée, la stérilisation par la chaleur permet, sous certaines conditions, de conserver indéfiniment les aliments. Pour être considérée comme une conserve, une denrée alimentaire doit être conditionnée dans un emballage hermétique et subir un traitement thermique suffisant pour inactiver les enzymes et détruire les micro-organismes.
- *Lyophilisation*: Le poisson est congelé puis déshydraté sous vide, ce qui permet d'obtenir un produit léger et facilement reconstituable.

5. Qualité bactériologique du poisson et des produits de pêche

La qualité bactériologique des poissons et des produits de la pêche est un enjeu majeur de santé publique. En effet, ces aliments sont des milieux de culture particulièrement propices à la prolifération bactérienne en raison de leur composition riche en protéines et en eau. Une contamination bactérienne peut entraîner des intoxications alimentaires graves et mettre en péril la santé des consommateurs.

+ Facteurs influençant la qualité bactériologique

Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité bactériologique des poissons et des produits de la pêche :

- a. **L'environnement de capture:** La qualité de l'eau, la présence de polluants et la température de l'eau ont un impact direct sur la charge bactérienne des poissons.
- b. **Les manipulations post-capture:** Les opérations de pêche, de transport, de stockage et de transformation peuvent introduire des contaminants bactériens si elles ne sont pas réalisées dans des conditions d'hygiène optimales.
- c. **Les méthodes de conservation:** Les méthodes de conservation utilisées (réfrigération, congélation, salage, fumage, etc.) influencent la croissance bactérienne et la durée de vie des produits.
- d. **Les conditions de stockage:** La température, l'humidité et la durée de stockage sont des facteurs critiques pour le développement des bactéries.

+ Principaux risques microbiologiques

Les principaux risques microbiologiques associés à la consommation de poissons et de produits de la pêche sont liés à la présence de :

- a. **Bactéries pathogènes:** *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus aureus*, etc. Ces bactéries peuvent provoquer des gastro-entérites, des intoxications alimentaires et, dans certains cas, des infections plus graves.
- b. **Toxines bactériennes:** Certaines bactéries produisent des toxines qui peuvent être thermostables et résister aux traitements thermiques. C'est le cas par exemple des toxines produites par les bactéries du genre *Clostridium*.
- c. **Virus:** Les virus peuvent également contaminer les produits de la mer, notamment les mollusques bivalves.

6. Processus d'altération des produits de la pêche

La composition de la microflore associée aux poissons et crustacés varie en fonction de leur environnement. Les genres *Pseudomonas* et *Acinetobacter* sont prédominants, représentant environ 60% des micro-organismes isolés des branchies, des intestins et de la peau. On retrouve également

des genres tels que *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Proteus* et *Serratia*. Les crustacés présentent une flore similaire, avec une proportion plus élevée de *Corynebactéries*. Ces micro-organismes sont également fréquemment retrouvés dans le milieu marin.

Dès la mort du poisson, un processus d'autolyse est initié, favorisé par la libération d'enzymes digestives qui dégradent les tissus. Les micro-organismes présents, principalement des psychrotrophes, prolifèrent et produisent des enzymes protéolytiques et lipolytiques, dégradant les protéines et les lipides. Ces réactions entraînent la formation de composés azotés tels que les amines et l'ammoniac, responsables des mauvaises odeurs et des altérations de goût.

7. Contrôle de qualité de poisson

Le contrôle de qualité du poisson est une étape cruciale dans la chaîne alimentaire, visant à garantir la salubrité et la fraîcheur des produits proposés aux consommateurs. Ce processus implique une évaluation rigoureuse de différents paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels.

A. Poissons frais

L'évaluation de la fraîcheur du poisson repose principalement sur l'examen organoleptique, qui permet d'apprécier l'état général du produit en observant des critères tels que l'odeur, l'aspect visuel, la texture et les caractéristiques des organes internes.

Néanmoins, dans certains cas, comme pour les poissons destinés à la congélation ou à la transformation, une analyse bactériologique peut être utile. Celle-ci est généralement réalisée par prélèvement d'échantillons à la surface du poisson (écouvillonnage) ou à partir d'un broyat de tissu. Le principal paramètre étudié est la flore aérobie mésophile, qui donne une indication sur le niveau de contamination bactérienne globale.

B. Poissons transformé

Les opérations de découpe du poisson, telles que le tranchage et le filetage, exposent la chair à une contamination microbienne. La fragmentation du produit augmente sa surface d'échange et favorise ainsi la prolifération microbienne. Par conséquent, ces produits doivent être soumis à des contrôles sanitaires rigoureux.

Les normes microbiologiques applicables à ces produits varient en fonction de leur état (frais, réfrigérés ou congelés). Pour les poissons tranchés, panés ou en filets, qu'ils soient frais ou réfrigérés, les critères microbiologiques généralement retenus sont les suivants :

- *Flore aérobie mésophile* : Limite indicative d'une bonne qualité hygiénique.
- *Coliformes fécaux* : Indice de contamination fécale.
- *Staphylococcus aureus* : Bactérie potentiellement pathogène productrice de toxines.
- *Anaérobies sulfite-réducteurs* : Indicateurs d'une détérioration avancée.
- *Salmonella* : Bactérie pathogène d'origine animale, sa présence est inacceptable.

1. Production de volaille

Le secteur avicole est caractérisé par une grande diversité d'espèces élevées (poule, coq, oie, dinde, etc.) et par une recherche constante de différenciation des produits finis.

La fin du XXe siècle a été marquée par une forte croissance de la production avicole, au détriment des productions bovine et ovine. Cette évolution est due à l'amélioration de la productivité avicole, liée à des progrès génétiques et à une optimisation des systèmes de production.

L'Algérie, à l'instar de nombreux pays en développement, a connu une forte croissance de la consommation de viande blanche, notamment de poulet, ces dernières années. Cette tendance est liée à des facteurs socio-économiques, tels que l'augmentation du coût de la viande rouge. Cependant, l'intensification des pratiques d'élevage industriel, visant à répondre à une demande croissante, a suscité des préoccupations quant à la qualité de la viande de poulet. Les consommateurs perçoivent une dégradation de la qualité gustative et nutritionnelle du produit, attribuée aux conditions d'élevage souvent jugées trop intensives.

1.1 Présentation et commercialisation de volaille

La commercialisation de la volaille se fait sous diverses présentations, chacune influant sur le rendement à l'abattage. Ces présentations peuvent inclure ou non la tête, les pattes, et les abats (cœur, foie, gésier), (Figure 11).

- a. Volaille effilée** : La carcasse conserve la tête et les pattes, les boyaux étant retirés. Les rendements moyens sont de 83% pour le poulet, 85% pour le canard et un pourcentage similaire pour la dinde.
- b. Volaille éviscérée avec abats** : La carcasse est vidée, décapitée et dépatouillée, mais les abats sont conservés. Les rendements sont légèrement inférieurs : 70% pour le poulet et le canard, et environ 80% pour la dinde.
- c. Volaille éviscérée sans abats** : La carcasse est entièrement nettoyée, sans tête, pattes ni abats. Les rendements sont les plus faibles : 65% pour le poulet, 63% pour le canard et 73% pour la dinde.



Figure 11. Différentes présentations de poulet.

1.2 Principaux postes du coût de production

1.1.1 Les gains de production

Parmi les volailles d'élevage, le poulet de chair s'impose comme l'espèce la mieux maîtrisée et la plus répandue. Bien que des progrès continus soient réalisés pour améliorer sa productivité, le rythme d'innovation s'est ralenti. Par exemple, tout en maintenant un poids à l'abattage constant, la durée d'élevage a été réduite de 10 jours (passant de 60 à 50 jours en 1983), soit un gain de productivité de 20%.

L'indice de consommation, qui mesure la quantité d'aliment nécessaire pour produire un kilogramme de poids vif, a atteint un plateau autour de 2 pour les poulets standards. De nombreux facteurs influencent cet indice et offrent des pistes d'amélioration :

- a- La qualité de l'alimentation : La composition et la valeur nutritive des aliments jouent un rôle crucial.
- b- Les conditions d'élevage : La conception des bâtiments, les équipements utilisés et les pratiques d'élevage impactent directement la performance des animaux.
- c- Le potentiel génétique des animaux : L'amélioration des souches génétiques permet d'optimiser la croissance et l'efficacité alimentaire.
- d- La santé du troupeau : Un bon état sanitaire réduit les pertes et améliore la performance globale.

1.1.2 L'aliment et les matières premières

Plusieurs études ont révélées la forte inflation des coûts des aliments et de leurs matières premières sur le cout de production. Cette hausse est principalement due à l'augmentation du prix des céréales, qui constituent la base de l'alimentation animale. Par ailleurs, le secteur de l'élevage avicole a connu une modernisation importante, avec l'adoption de technologies de pointe et de bâtiments plus performants mais plus coûteux. Ces évolutions ont entraîné une hausse significative des investissements dans ce secteur.

1.1.3 Prix du poussin

La hausse de 13,9% du exerce une pression significative sur les coûts de production avicole.

2. Abattage et transformation de volaille

Le secteur avicole a largement adopté l'abattage industriel pour les poulets, dindes et pintades, où les processus sont optimisés et homogénéisés. En comparaison, la filière canard conserve un caractère plus artisanal, avec une coexistence de pratiques traditionnelles et d'un abattage industriel moins développé.

Les unités de transformation avicole modernes sont capables de traiter jusqu'à 10 000 poulets par heure. Le processus commence par une période de jeûne de 12 heures avant l'abattage.

Les volailles sont ensuite suspendues à un convoyeur aérien et soumises à un étourdissement électrique. Après saignée, elles sont immergées dans un bain d'eau chaude afin de faciliter l'épluchage des plumes à l'aide de doigts en caoutchouc. Suivent les étapes d'éviscération, d'inspection sanitaire, de lavage, de séchage superficiel et d'emballage. Pour les produits surgelés, les carcasses sont conditionnées dans des emballages hermétiques afin de limiter l'oxydation des lipides.

3. Qualités physico-chimiques et organoleptiques de la viande de volaille

La viande de volaille, en particulier celle de poulet, est largement consommée dans le monde entier en raison de sa saveur délicate, de sa texture tendre et de sa polyvalence culinaire. Ses qualités physico-chimiques et organoleptiques sont influencées par divers facteurs tels que la race de l'oiseau, son alimentation, son âge à l'abattage et les conditions d'élevage.

✚ Qualités physico-chimiques

Les qualités physico-chimiques de la viande de volaille sont essentielles pour déterminer sa qualité et sa durée de conservation. Elles incluent :

- a. **pH:** Le pH de la viande de volaille est généralement plus élevé que celui de la viande bovine ou porcine. Un pH élevé favorise la croissance bactérienne et peut altérer la texture de la viande.
- b. **Capacité de rétention d'eau (CRE):** La CRE est la capacité de la viande à retenir l'eau. Elle influence la jutosité et la tendreté de la viande.
- c. **Couleur:** La couleur de la viande est un indicateur visuel de sa fraîcheur. La myoglobine, une protéine responsable de la couleur rouge de la viande, est présente en plus faible quantité dans la viande de volaille que dans la viande rouge.
- d. **Composition en acides gras:** La composition en acides gras de la viande de volaille varie en fonction de l'alimentation de l'oiseau. Une alimentation riche en acides gras oméga-3 peut améliorer la qualité nutritionnelle de la viande.

✚ Qualités organoleptiques

Les qualités organoleptiques de la viande de volaille sont celles qui sont perçues par nos sens, notamment le goût, l'arôme, la texture et l'apparence.

- a. **Goût:** Le goût de la viande de volaille est généralement doux et délicat. Il peut être influencé par l'alimentation de l'oiseau, son âge à l'abattage et les méthodes de cuisson.
- b. **Arôme:** L'arôme de la viande de volaille est subtil et peut être influencé par les épices et les aromates utilisés lors de la cuisson.
- c. **Texture:** La texture de la viande de volaille est généralement tendre et juteuse. Elle peut être modifiée par les méthodes de cuisson et par la durée de cuisson.
- d. **Apparence:** L'apparence de la viande de volaille est importante pour le consommateur. Une viande de bonne qualité a une peau lisse et brillante, une chair ferme et une couleur uniforme.

Facteurs influençant la qualité de la viande de volaille

- a. **Race:** Les différentes races de volaille ont des caractéristiques génétiques qui influencent la qualité de leur viande.
- b. **Alimentation:** L'alimentation de l'oiseau a un impact important sur la composition en acides gras de la viande et sur son goût.
- c. **Âge à l'abattage:** L'âge à l'abattage influence la texture et la saveur de la viande.
- d. **Conditions d'élevage:** Les conditions d'élevage, telles que la densité, l'éclairage et la température, peuvent affecter le bien-être de l'oiseau et la qualité de sa viande.
- e. **Méthodes de transformation:** Les méthodes de transformation, telles que la salaison, le fumage ou la marinade, peuvent modifier les qualités organoleptiques de la viande.

4. Œufs et les ovo-produits

4.1 Définition de l'œuf : L'œuf, unité fonctionnelle de la reproduction aviaire, est une structure biologique complexe protégeant une réserve nutritive essentielle au développement de l'embryon.

Sa composition, variable selon différents facteurs, est en moyenne répartie ainsi : 56% pour le blanc, riche en protéines, 32% pour le jaune, concentré en lipides et en micronutriments, et 12% pour les enveloppes protectrices. Ces proportions peuvent fluctuer en fonction de l'espèce, de l'âge de la poule, de son alimentation et des conditions environnementales.

4.2 Structure et valeur nutritionnelle de l'œuf

A. La coquille d'œuf : d'une masse moyenne de 7 g, est une structure calcaire protectrice, dont la couleur est déterminée par des facteurs génétiques. Sa porosité, bien que faible, permet les échanges gazeux nécessaires au développement de l'embryon tout en assurant une protection contre les contaminations extérieures. Le lavage de la coquille compromet cette fonction de barrière. La présence d'une chambre à air, située à l'extrémité la plus arrondie de l'œuf, est liée aux échanges gazeux et à l'évaporation de l'eau au cours du stockage.

B. L'albumen d'œuf : d'un poids moyen de 20 g, présente une composition essentiellement aqueuse (87%). Sa matrice protéique est dominée par l'ovalbumine, représentant plus de la moitié des protéines totales. Cette protéine, caractéristique de l'œuf, se distingue par sa richesse en acides aminés soufrés. La faible teneur en lipides du blanc d'œuf en fait un aliment privilégié dans de nombreuses diètes.

C. Jaune d'œuf : communément appelé "le vitellus", présente une masse moyenne de 35 grammes. Il est délimité par une membrane vitelline qui l'isole du blanc d'œuf. Sa composition biochimique

complexe inclut une proportion élevée de lipides, notamment des phospholipides tels que la lécithine, conférant au jaune d'œuf des propriétés émulsifiantes remarquables (Figure 12).

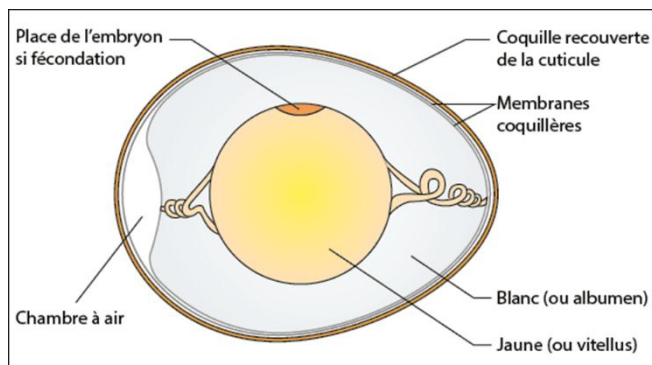


Figure 12. Structure de l'œuf.

Ces propriétés expliquent son utilisation traditionnelle en cuisine, notamment dans la préparation de la mayonnaise. Il contient également des protéines, du cholestérol, des vitamines liposolubles (A, D, E, K) et des minéraux essentiels (Tableau 03).

Tableau 03. Composition biochimique de l'œuf.

Composant	Pourcentage (%)
Eau	74
Protéines	13
Lipides	11
Minéraux	1
Glucides	Traces

4.3 Conservation des œufs

Un stockage prolongé des œufs induit un processus d'autolyse, phénomène biochimique similaire à celui observé dans la viande. L'activité enzymatique résiduelle entraîne une dégradation progressive des macromolécules. Les protéines subissent une hydrolyse, libérant des acides aminés, tandis que les lipides sont décomposés en acides gras et glycérol. Ces réactions cataboliques engendrent la production de composés volatils tels que l'ammoniac (NH_3), le dioxyde de carbone (CO_2) et l'hydrogène sulfuré (H_2S), altérant ainsi les qualités organoleptiques de l'œuf.

-Principales méthodes de conservation

Le stockage optimal des œufs emballés en carton requiert une température comprise entre -2 et $-3,5^\circ\text{C}$ et un taux d'humidité relative de 85 à 88%. Pour prévenir la détérioration, il est recommandé de retourner les cartons tous les 30 à 60 jours. L'immersion des œufs dans des solutions de carbonate de calcium peut prolonger leur durée de conservation jusqu'à 3 ou 4 mois en obstruant les pores de la coquille et en limitant la pénétration des micro-organismes.

4.4 Ovo produits

Les ovo produits constituent une catégorie de produits alimentaires dérivés de l'œuf, obtenus par séparation des constituants de l'œuf (blanc, jaune) et soumis à divers procédés de transformation (déshydratation, pasteurisation, congélation). Ces produits peuvent être utilisés tels quels ou incorporés dans d'autres formulations alimentaires. Il existe deux grandes classifications sur le marché :

A. **Ovo-produits intermédiaires** : Ils servent à différentes préparations en cuisine. Leur utilisation représente 20 % du marché des ovo-produits (Tableau 04).

Tableau 04. Différentes formes de commercialisation des ovoproduits intermédiaires.

Forme	Méthode de conservation	Conditionnement
Œufs entiers (natures ou additionnés de sel ou de sucre)	Réfrigérés Congelés Concentrés Déshydratés Lyophilisés	Bidon Brick

B. **Ovoproduits élaborés** : Sont classés sous cette appellation, les produits ayant subi une transformation technologique importante (Tableau 05).

Tableau 05. Présentation commerciale des ovoproduits élaborés.

Forme	Conditionnement	Observations
Rouleau d'œuf dur	Tube (œufs prétranchés)	Goût et aspect plus traditionnels
Œufs pochés	Seau+solution conservatrice (saumure)	
Œufs durs	Seau+solution conservatrice Sachet sous atmosphère contrôlée	Durée de conservation 28 à 35 jours
Omelette déshydratée	Boite hermétique	DLUO=1 an
Omelette déjà cuite	Emballée en barquette sous atmosphère contrôlée	Portion de 2 à 3 œufs 21 j de conservation
Œufs brouillés	Sac scellé de 2 Kg	Proche de la fabrication traditionnelle

DLUO : date limite d'utilisation optimale

C. Fabrication des ovoproduits

La production d'ovoproduits est strictement réglementée et se déroule dans des établissements agréés par les autorités sanitaires. Ces casseries assurent la transformation primaire des œufs en séparant les blancs des jaunes et en pasteurisant les produits intermédiaires à 65°C pendant au moins 2 minutes afin de garantir la sécurité sanitaire (Figure 13).

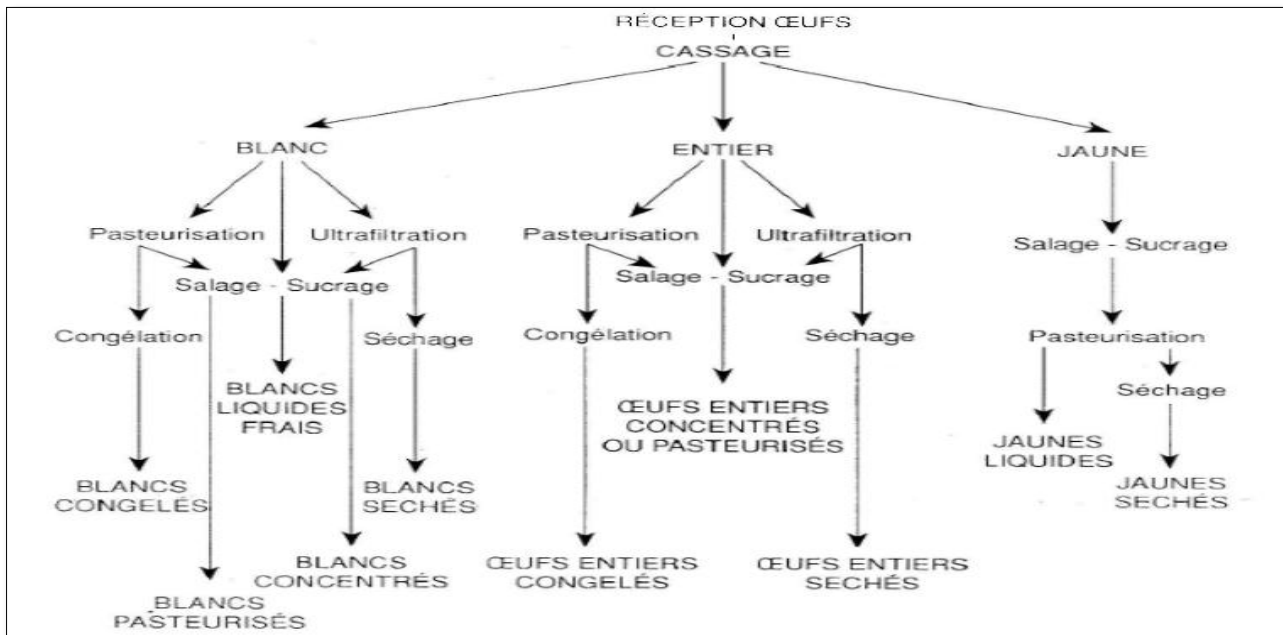


Figure 13. Principales opérations de la technologie de la production des ovoproduits.

1. Cuniculture en Algérie

La cuniculture, ou élevage de lapins, a connu en Algérie une évolution notable au cours des dernières décennies. Cette transformation est le fruit d'efforts soutenus en matière de recherche scientifique et de développement technique.

Plusieurs facteurs ont contribué à dynamiser la filière cunicole algérienne :

a. **La recherche scientifique:** Des études approfondies, menées tant au niveau national qu'international, ont permis de mieux comprendre les besoins spécifiques de l'espèce lapine dans le contexte algérien. Ces recherches ont porté sur la génétique, la nutrition, la santé animale et la gestion d'élevage.

b. **Les échanges internationaux:** La collaboration avec des chercheurs étrangers, notamment européens, a favorisé le transfert de connaissances et de technologies vers l'Algérie.

c. **Les politiques publiques:** Les autorités algériennes ont mis en place des politiques visant à soutenir le développement de la cuniculture, en offrant des incitations financières et en favorisant la formation des éleveurs.

2. Production et consommation de viande de lapin

a. Au niveau mondial

D'après les données de la FAO (2021), la production mondiale de viande de lapin, estimée à 861 739 tonnes, est principalement concentrée en Asie (597 147 tonnes). L'Afrique, bien que représentant la troisième région productrice (98 359 tonnes), présente un potentiel de développement important. La Chine domine largement le marché mondial, suivie par la Corée du Nord et l'Égypte.

Contrairement à d'autres viandes, la consommation de viande de lapin est relativement circonscrite géographiquement. Elle est principalement concentrée dans le bassin méditerranéen et quelques pays d'Europe, avec des taux de consommation nettement plus faibles dans l'hémisphère occidental.

b. Au niveau national

En 2021, la production algérienne de viande de lapin a atteint 8474 tonnes, représentant environ 1% de la production mondiale. Malgré une légère hausse par rapport à l'année précédente, cette production reste marginale à l'échelle internationale. Les efforts déployés ces dernières années pour développer la cuniculture en Algérie commencent néanmoins à porter leurs fruits.

Les études sur la consommation de viande de lapin en Algérie indiquent une répartition géographique hétérogène, avec une prédominance dans les régions de l'est et du centre. La consommation est principalement domestique, au sein des ménages d'éleveurs. Des disparités socio-spatiales ont été mises en évidence, avec une consommation plus élevée en milieu rural qu'en milieu urbain. La consommation de viande de lapin est plus élevée en milieu rural (1,52 kg/habitant/an) qu'en milieu urbain (0,39 kg/habitant/an), révélant ainsi des disparités de consommation selon le mode de vie.

3. Qualités nutritionnelles et diététiques de la viande cunicole

Les données présentées dans le tableau ci-dessous soulignent le profil nutritionnel particulièrement intéressant de la viande de lapin. En effet, cette viande se distingue par une teneur en protéines remarquablement élevée, notamment au niveau des muscles nobles tels que le filet (*Longissimus dorsi*) et la cuisse arrière. Cette caractéristique, associée à une teneur modérée en lipides, fait de la viande de lapin un aliment de choix pour les consommateurs soucieux de leur santé et à la recherche d'une source de protéines de haute qualité.

Egalement, la viande de lapin se caractérise par un bon apport en fer qui est essentiel au transport de l'oxygène dans le sang. Une teneur intéressante en vitamines du groupe B qui jouent un rôle important dans le métabolisme énergétique, et un faible taux de cholestérol ; contrairement à d'autres viandes rouges, la viande de lapin contient peu de cholestérol (Tableau 06).

Tableau 06. Composition chimique et valeur énergétique des viandes (pour 100 g de partie comestible).

Espèce	Bovin	Ovin	Poulet	Lapin
Composant				
Eau (g)	69,1	73,5	72,2	70,8
Protéine(g)	19,5	20,5	20,1	21,3
Lipide(g)	9,0	4,0	6,6	6,8
Energie (kJ)	665	493,5	586	618

Grâce à sa composition nutritionnelle, la viande de lapin présente de nombreux avantages pour la santé :

- Sa faible teneur en matières grasses en fait un aliment intéressant dans le cadre d'un régime minceur.
- Sa faible teneur en graisses saturées et en cholestérol en fait un allié pour la santé du cœur.
- Les protéines de haute qualité présentes dans la viande de lapin contribuent à maintenir un bon niveau d'énergie.
- La viande de lapin est généralement considérée comme facile à digérer.

4. Paramètres morphométriques et zootechniques

L'étude des paramètres morphométriques et zootechniques du lapin est essentielle pour comprendre les caractéristiques de cette espèce, optimiser les élevages et améliorer la production de viande. Les paramètres morphométriques concernent les mesures physiques de l'animal (taille, poids, etc.), tandis que les paramètres zootechniques évaluent les performances de l'animal en termes de croissance, de reproduction et de production de viande.

a. Paramètres morphométriques

Les paramètres morphométriques les plus couramment mesurés chez le lapin sont :

- **Poids à la naissance** : Ce paramètre est un indicateur de la vitalité des lapereaux et de la qualité de la lactation.
- **Poids au sevrage** : Il reflète la croissance des lapereaux pendant la période d'allaitement et la qualité des soins maternels.
- **Poids à l'abattage** : Ce poids est un indicateur de la croissance finale et de la performance de l'animal.
- **Longueur du corps** : Elle permet d'évaluer la conformation générale de l'animal.
- **Périmètre thoracique** : Il est corrélé avec la masse musculaire.
- **Longueur des membres** : Elle peut influencer la vitesse de croissance et la conformation.

b. Paramètres bouchères et zootechniques

Paramètres bouchères de la carcasse du lapin englobe principalement : le poids de la carcasse de lapin qui varie généralement entre 1 et 1,8 kg, selon les régions d'élevage. Le rendement à l'abattage, qui correspond au poids de la carcasse par rapport au poids vif de l'animal, qui se situe habituellement entre 55% et 60%, et la dissection de la carcasse qui peut suivre deux principaux schémas : anatomique, en respectant les articulations naturelles, ou technologique, en découpant la carcasse en quatre parties principales.

Alors que, les paramètres zootechniques évaluent les performances de l'animal dans son environnement d'élevage. Ils comprennent : taux de croissance , indice de consommation : fertilité, prolificité, viabilité.

5. Description des étapes d'abattage et de traitement des carcasses

L'abattage et le traitement des carcasses constituent des étapes cruciales dans la production de viande, notamment la viande de lapin. Ces opérations requièrent un savoir-faire spécifique, le respect de normes d'hygiène strictes et l'utilisation d'équipements adaptés. La chaîne d'abattage du lapin s'articule autour de plusieurs étapes clés. Après un transport dans des conditions optimales et un jeûne pré-abattage, l'animal est abattu selon des méthodes réglementaires. Les opérations post-mortem

incluent la saignée, le dépouillage et l'éviscération. Un refroidissement rapide et contrôlé est ensuite mis en œuvre pour limiter le développement bactérien. La carcasse est finalement découpée en fonction des normes commerciales. L'ensemble du processus est soumis à des règles d'hygiène strictes pour garantir la salubrité de la viande.

6. Description d'un abattoir cunicole

Un abattoir cunicole est un établissement spécialisé dans l'abattage des lapins destinés à la consommation humaine. L'objectif principal est d'assurer une production de viande de qualité, tout en respectant les normes sanitaires et les règles d'hygiène les plus strictes.

Equipements spécifiques d'un abattoir cunicole

Un abattoir cunicole nécessite un équipement adapté aux spécificités de l'espèce lapine, tout en respectant les normes d'hygiène et de sécurité alimentaire. Les principaux équipements sont :

- **Zone de réception et d'attente**
 - Enclos d'attente individuels : Pour éviter le stress des animaux et les risques de blessures.
 - Rampes d'accès douces : Facilitant la manipulation des animaux.
- **Zone d'abattage**
 - Cône d'abattage : Permet de maintenir l'animal en position verticale pour une saignée efficace.
 - Saigneur : Outil spécifique pour sectionner les vaisseaux sanguins.
 - Bac de réception du sang : Pour une collecte hygiénique du sang.
- **Zone d'échaudage et de déplumage**
 - Bac d'échaudage : Contenant d'eau chaude permettant de faciliter le retrait des poils.
 - Machine à plumer : Adapté à la taille des lapins, pour un déplumage efficace et rapide.
- **Zone d'éviscération**
 - Table d'éviscération : Surface propre et lisse pour faciliter l'opération.
 - Outillage spécifique : Couteaux, pinces, ciseaux adaptés à la taille des lapins.
- **Zone de refroidissement**
 - Bac de refroidissement : Pour refroidir rapidement les carcasses et limiter la prolifération bactérienne.
- **Autres équipements**
 - Convoyeurs : Pour déplacer les carcasses d'une étape à l'autre de manière hygiénique.
 - Bassins de lavage : Pour nettoyer les outils et les surfaces de travail.
 - Matériel de pesage : Pour contrôler le poids des carcasses.
 - Matériel de marquage : Pour identifier les carcasses.

1. Définition de charcuterie : Le terme "**charcuterie**" englobe aujourd'hui une multitude de produits élaborés à partir de diverses espèces animales. Si le porc reste traditionnellement associé à cette catégorie, la charcuterie moderne intègre également le bœuf, le veau, le mouton, la volaille et même le poisson. Cette diversification permet de valoriser une large gamme de morceaux de viande, y compris des sous-produits tels que les joues, la langue ou la tête, qui étaient auparavant moins valorisés.

Cette évolution répond à une demande croissante pour des produits variés et à une volonté d'optimiser l'utilisation des carcasses animales.

La charcuterie constitue une catégorie alimentaire particulièrement hétérogène, caractérisée par une grande diversité de produits. Cette diversité s'explique par :

- la nature variée des ingrédients utilisés,
- les procédés de fabrication spécifiques à chaque produit
- les propriétés organoleptiques uniques qui en résultent.

Chaque charcuterie possède ainsi une destination culinaire spécifique, que ce soit pour une consommation directe, une cuisson ou une préparation culinaire plus élaborée.

Les produits carnés transformés, tels que les pâtés et les saucissons, sont très sensibles à la détérioration microbiologique. Leur conservation requiert des conditions strictes de température, notamment un refroidissement et une congélation rapides, afin de respecter les normes de qualité et de sécurité alimentaire.

La consommation de charcuterie présente des risques sanitaires non négligeables. Les produits carnés peuvent être contaminés par des agents pathogènes à différents stades de leur production, depuis la matière première jusqu'au stockage. Les intoxications alimentaires, notamment le botulisme, constituent les principaux dangers associés à la consommation de charcuterie.

2. Ingrédients et additifs

-L'eau : La qualité de l'eau utilisée dans l'industrie de la viande est un facteur déterminant pour la salubrité des produits finis. L'eau doit être limpide, inodore, insipide et microbiologiquement pure, c'est-à-dire dépourvue de tout agent pathogène pouvant compromettre la santé du consommateur.

- Le sel de cuisine : Le chlorure de sodium, communément appelé sel de cuisine, est un ingrédient indispensable dans l'industrie de la charcuterie. Il joue un rôle crucial dans la saveur des produits carnés, en agissant comme agent de conservation et en influençant la capacité de la viande à retenir l'eau. Les concentrations en sel utilisées varient selon les types de produits, oscillant entre 1,5 et 3 %

- **Sel nitrité:** Les nitrites, utilisés comme additifs dans la salaison, exercent une action bactériostatique essentielle, notamment dans la fabrication de produits secs tels que les saucissons. Les doses employées sont généralement de l'ordre de 25 g par kilogramme de produit.
- **Sucres:** Les sucres les plus communément utilisés en charcuterie sont le saccharose, le glucose, le dextrose, le sirop de glucose, le lactose et les amidons.
- **Les hydrocolloïdes :** tels que les amidons de blé, de maïs et de riz, sont couramment utilisés dans l'industrie alimentaire pour leurs propriétés de rétention d'eau et de gonflement. Ces composés contribuent à améliorer la texture et la consistance des produits.
- **Les phosphates :** quant à eux, agissent comme stabilisants et émulsifiants, permettant de préserver la couleur de la viande et de limiter la croissance microbienne.
- **Les antioxydants :** tels que l'acide ascorbique (E300) et l'ascorbate de sodium (E301), sont largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire pour inhiber l'oxydation des lipides présents dans les viandes. Ces composés agissent en captant l'oxygène présent dans l'air, prévenant ainsi le rancissement et l'altération des qualités organoleptiques des produits.
- **Les émulsifiants :** jouent un rôle crucial dans la formulation des produits charcutiers en favorisant la formation d'émulsions stables entre l'eau et les graisses, réduisant ainsi les pertes en jus et améliorant la texture.
- **Les gélifiants :** les plus couramment utilisés, tels que les alginates, la farine de caroube, de guar et la gomme xanthane, contribuent à augmenter la viscosité des préparations et à améliorer leur texture. Pour renforcer l'aspect visuel des produits, des colorants naturels ou artificiels, comme le rouge de betterave ou le rouge d'allura, sont ajoutés.
- **Les exhausteurs de goût :** principalement les glutamates de sodium (E621), sont largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire. Ces composés permettent de renforcer le goût umami et de réduire la quantité de sel ajoutée dans les produits.
- **Les correcteurs d'acidité :** tels que les citrates, lactates, tartrates et acétates, jouent un rôle essentiel dans la conservation et la modulation du goût des produits, notamment en abaissant le pH et en favorisant le développement de certaines arômes."
- **Les épices :** jouent un rôle primordial dans la complexification des saveurs des produits carnés. Leur utilisation, qui peut varier en fonction de la recette et du marché cible, repose sur un choix méticuleux d'espèces aromatiques. Les plus répandues sont le poivre, l'ail, le cumin, la coriandre, le paprika, le macis, la muscade et l'anis, qui peuvent être utilisés sous forme naturelle ou sous forme d'extraits.

- **Légumes** : Les légumes, tels que les olives dénoyautées et les carottes, sont fréquemment incorporés dans les produits carnés pour apporter des textures et des saveurs complémentaires.

3. Processus de fabrication du Cachir

Le cachir, spécialité culinaire algérienne, résulte d'un processus de fabrication minutieux impliquant plusieurs étapes clés. Chaque étape contribue à la texture, à la saveur et à la conservation de ce produit.

a. Traitement de l'Eau

L'eau utilisée dans la fabrication du cachir doit être de qualité irréprochable. Elle subit généralement un traitement de purification pour éliminer les impuretés et les micro-organismes. Un traitement adéquat de l'eau est essentiel pour garantir la salubrité du produit final.

b. Préparation de la Matière Première

La viande, généralement du bœuf ou du poulet, constitue l'ingrédient principal du cachir. Elle est sélectionnée avec soin, désossée et parée pour éliminer les parties non consommables. Les autres ingrédients, comme les épices et les légumes, sont également préparés et dosés avec précision.

c. Cutterage : Préparation de la Mêlée

Le cutterage est une étape cruciale où tous les ingrédients (viande, épices, légumes, etc.) sont mélangés de manière homogène pour obtenir une pâte appelée "mêlée". Le cutter, une machine industrielle, hache et mélange les ingrédients, assurant ainsi une répartition uniforme des saveurs.

d. Conditionnement

La mêlée obtenue est ensuite conditionnée dans des boyaux naturels ou artificiels. Le choix du boyau dépend du type de cachir à produire et des préférences des consommateurs. Le remplissage des boyaux doit être effectué avec soin pour éviter la formation de poches d'air.

e. Cuisson

La cuisson du cachir peut être réalisée de différentes manières, selon les recettes traditionnelles ou les méthodes industrielles. Les méthodes les plus courantes sont :

- *Cuisson à l'eau*: Le cachir est plongé dans de l'eau bouillante pendant un temps déterminé.
- *Cuisson à la vapeur*: Le cachir est cuit à la vapeur pour une cuisson plus délicate.
- *Fumée*: Le cachir est fumé pour lui donner un arôme caractéristique.

f. Refroidissement

Après la cuisson, le cachir est refroidi rapidement pour arrêter la cuisson et favoriser sa conservation. Le refroidissement peut être effectué par immersion dans de l'eau glacée ou par passage dans un tunnel de refroidissement.

4. Processus de fabrication du Merguez

Le merguez, saucisse épicée emblématique du Maghreb, est un produit artisanal dont la fabrication requiert un savoir-faire ancestral et le respect de certaines étapes bien définies.

a. Sélection de la viande

La viande, généralement du bœuf ou du mouton, doit être de première qualité, fraîche et maigre, puis, la viande est désossée et parée pour éliminer les nerfs et les graisses en excès.

b. Préparation de la mêlée

La viande est hachée finement pour obtenir une texture homogène. Un mélange d'épices caractéristique est ajouté à la viande hachée. Les épices les plus couramment utilisées sont le piment, le cumin, le paprika, le coriandre, l'ail et le fenouil. Ensuite, la viande et les épices sont mélangées énergiquement pour obtenir une pâte homogène. Ce malaxage permet aux épices de bien pénétrer la viande et de développer leurs arômes.

c. Enrobage dans les boyaux

Traditionnellement, les boyaux de mouton sont utilisés. Ils sont nettoyés et salés pour les conserver. La mêlée est introduite dans les boyaux à l'aide d'un entonnoir spécial. Le remplissage doit être ferme mais sans excès pour éviter que les boyaux n'éclatent à la cuisson.

d. Fermeture des boyaux

Les extrémités des boyaux sont liées pour former des saucisses de longueur variable.

e. Maturation

Les merguez sont laissées à reposer pendant quelques heures pour permettre aux saveurs de se développer.

f. Cuisson

La méthode de cuisson la plus traditionnelle est la grillade au charbon de bois, qui confère aux merguez un goût fumé et caramélisé. Les merguez peuvent également être sautées à la poêle ou cuites au barbecue.

1. Définition des produits carnés traditionnels

Sont bien plus que de simples aliments ; ils sont souvent ancrés dans l'histoire, la culture et les traditions d'un peuple. Ces produits, élaborés à partir de viande, souvent selon des recettes transmises de génération en génération, offrent une diversité gustative et une richesse culturelle incomparables.

Historiquement, la transformation de la viande visait principalement à prolonger sa durée de conservation. Aujourd'hui, les produits carnés sont élaborés à partir de viande fraîche et d'ingrédients variés, soumis à divers traitements. Ces transformations confèrent aux produits finis des caractéristiques organoleptiques particulières, répondant ainsi à des attentes gustatives spécifiques tout en assurant une certaine stabilité microbiologique.

1.1 Khliaa Ezir

"Le "khliaa ezir" est un produit charcutier séché, typique de l'Est algérien. Il est élaboré à partir de viandes rouges soumises à un processus de salaison, d'aromatisation et de séchage. La cuisson finale est suivie d'une conservation dans une jarre en terre cuite, recouverte d'un mélange lipidique, garantissant ainsi sa conservation et ses qualités organoleptiques (Figure 14).

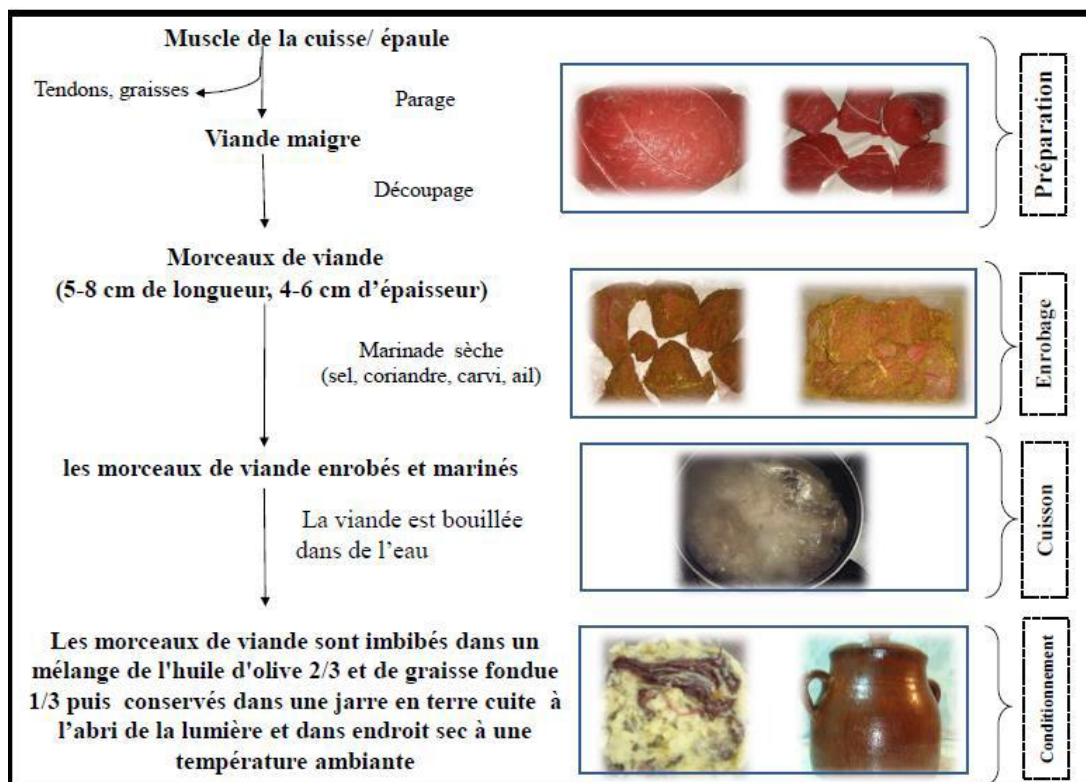


DIAGRAMME DE PRÉPARATION DE *Khliaa Ezir*

Figure 14. Diagramme de préparation de Khliaa Ezir.

1.2 "Guedid" ou "Kadid"

Le "Guedid" est un produit carné traditionnel d'Afrique du Nord, obtenu par salage et séchage de viande d'agneau ou de bœuf. Sa production, souvent associée à la fête de l'Aïd el-Adha, permet de valoriser les surplus de viande (Figure 15).

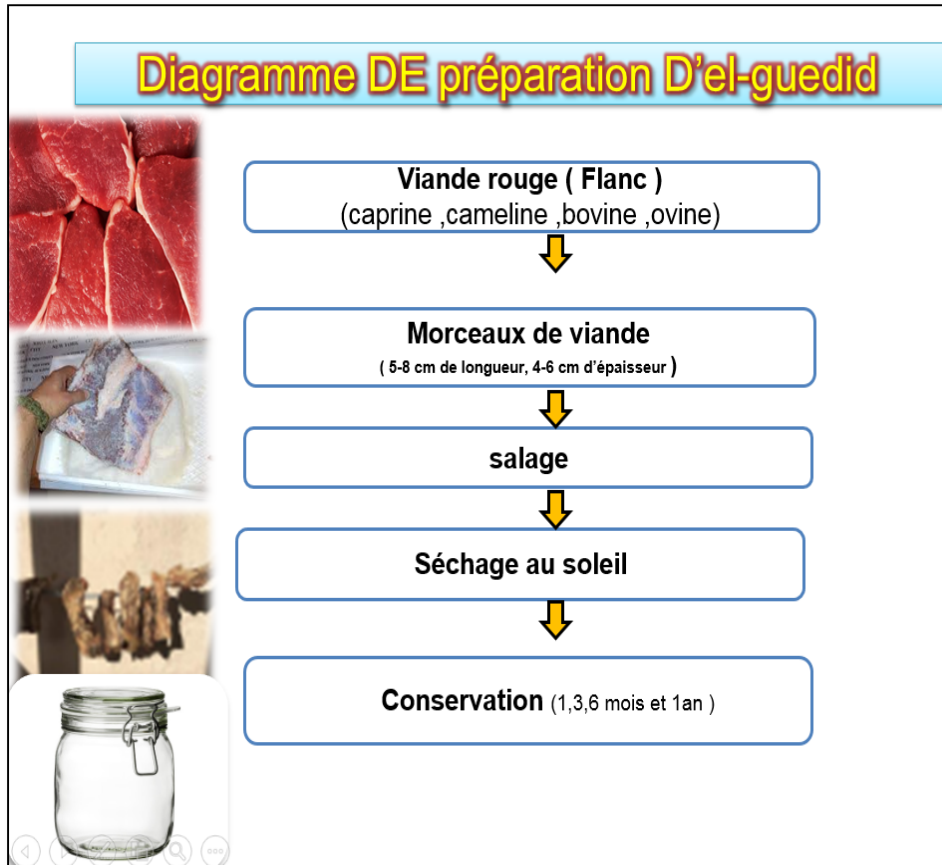


Figure 15. Diagramme de préparation de Guedid.

1.3 Balangu

Le balangu est un produit carné séché et fumé, typique du Niger. Il est élaboré à partir de tranches de viande de bœuf, de mouton, de chèvre ou de chameau, préalablement marinées. Ces tranches sont ensuite grillées lentement sur un feu de bois, un mode de cuisson traditionnel qui leur confère un arôme unique. L'huile d'arachide, ajoutée en cours de cuisson, participe à la formation d'une croûte dorée et contribue au développement des arômes (Figure 16).



Figure 16. Balangu.

1.4 Tsire (Suya)

Le *Tsire*, spécialité culinaire répandue dans certaines régions d'Afrique, consiste en des morceaux de viande (bœuf, mouton ou chameau) marinés dans un mélange d'épices et grillés. Il est souvent présenté en brochette et constitue un aliment de base de la gastronomie locale, apprécié pour son goût savoureux et sa texture (Figure 17 et 18).



Figure 17. Diagramme de préparation de Tsire (Suya).




Soudjouk	Mkila	Pastirma
		
<p>Soudjouk est un produit carné séché, fermenté, très populaire en Turquie et en Egypte</p>	<p><i>Mkila</i> est un produit carné traditionnellement préparé, fréquemment consommé en Maroc, en Tunisie, en Libye et en Egypte, à base de viande (généralement de bœuf voire de chameau) confite dans de la graisse.</p>	<p><i>Pastirma</i> signifie "la viande pressée" est un produit traditionnel à base de viande, à humidité intermédiaire, fréquemment consommée en Turquie, en Égypte, en Arménie, en Grèce et d'autres pays de la Méditerranée</p>

Figure 18. Autres produits carnés traditionnels.

1. Méthodes de conservation de viande

La conservation de la viande est un enjeu majeur depuis l'antiquité, visant à prolonger sa durée de vie et à prévenir le développement de micro-organismes pouvant altérer sa qualité et la rendre impropre à la consommation. Au fil du temps, de nombreuses méthodes ont été développées, allant des techniques traditionnelles aux procédés industriels plus modernes.

1.1 Méthodes traditionnelles

Ces méthodes reposent sur des principes simples, souvent liés à la modification des conditions environnementales de la viande :

- Séchage** : Cette méthode consiste à retirer l'eau de la viande par évaporation. Le manque d'eau rend le milieu défavorable au développement des micro-organismes. Exemples : bœuf séché.
- Salage** : Le sel a un effet déshydratant et crée un milieu osmotique défavorable aux bactéries.
- Fumage** : La fumée apporte des composés aromatiques et antiseptiques qui inhibent la croissance bactérienne. Exemples : saumon fumé, saucisson.
- Fermentation** : Les bactéries lactiques produisent de l'acide lactique qui abaisse le pH et inhibe la croissance d'autres bactéries. Exemple : saucisson sec.
- Traitements thermiques** : La cuisson, la pasteurisation ou la stérilisation permettent de détruire les micro-organismes pathogènes.
- Réfrigération** : En abaissant la température, on ralentit l'activité des enzymes et des micro-organismes.
- Congélation** : Le froid intense stoppe les réactions enzymatiques et la multiplication des micro-organismes.

1.2 Méthodes modernes

Les méthodes modernes de conservation de la viande allient souvent plusieurs techniques et font appel à des technologies plus sophistiquées :

- Surgélation** : Cette méthode permet une congélation rapide, limitant la formation de cristaux de glace qui peuvent endommager les tissus.
- Emballage sous vide** : En éliminant l'air, on empêche l'oxydation des graisses et la prolifération des bactéries aérobies.
- Atmosphère modifiée** : On remplace l'air ambiant par un mélange de gaz (azote, dioxyde de carbone) pour créer un environnement défavorable aux micro-organismes.

-L'irradiation : Les rayons ultra-violet, les rayons infra rouges, les rayons électroniques, haute énergie, les rayons X.

2. Différentes altérations de viande et des produits carnés

Les tissus musculaires offrent un substrat riche en nutriments, propice au développement microbien. Néanmoins, les parois cellulaires, le tissu conjonctif et les dépôts lipidiques constituent des barrières efficaces, ralentissant la pénétration bactérienne dans la carcasse entière. En revanche, les opérations de découpage, de hachage ou de broyage altèrent significativement l'intégrité structurale de la viande, exposant une surface d'échange considérable et facilitant ainsi la colonisation microbienne.

3. Écologie microbienne de la viande

La viande, bien qu'elle puisse sembler être un milieu stérile, abrite en réalité une diversité de micro-organismes qui peuvent influencer sa qualité et sa sécurité. Cette écologie microbienne est dynamique et dépend de nombreux facteurs, tels que l'origine de l'animal, les conditions d'élevage, les pratiques d'abattage et les traitements post-mortem.

4. Origines de contamination

La viande, malgré son apparence stérile à l'abattage, est un milieu hautement propice au développement microbien. Les contaminations peuvent survenir à différents stades du traitement de la carcasse. La nature et le nombre de micro-organismes présents influencent la qualité et la sécurité sanitaire de la viande.

Les micro-organismes présents dans la viande proviennent de différentes sources :

- **Flore commensale de l'animal** : Les bactéries présentes naturellement dans le tube digestif de l'animal peuvent contaminer la viande lors de l'abattage.
- **Environnement de l'élevage** : Le sol, l'eau, les aliments et les autres animaux peuvent être des sources de contamination.
- **Manipulation humaine** : Le personnel d'abattage et de transformation peut introduire des bactéries sur la viande par contact direct.
- **Équipement** : Les outils et les surfaces utilisés lors de la transformation de la viande peuvent être porteurs de micro-organismes.

5. Différents types d'altérations

Plusieurs types d'altérations sont susceptibles d'atteindre la viande selon la température de conservation.

a. Altération de la viande à température élevée (25-40°C)

Les températures comprises entre 25°C et 40°C constituent un environnement optimal pour le développement des bactéries mésophiles, en particulier les *Clostridium*. Ces micro-organismes anaérobies, favorisés par l'absence d'oxygène à l'intérieur des tissus, induisent des processus de putréfaction profonde. Cette altération, caractérisée par une dégradation rapide des protéines musculaires, se manifeste avant même l'apparition de signes visibles à la surface de la viande.

b. Altérations à température intermédiaire (10 -25°C)

Lors du refroidissement lent des carcasses, des altérations microbiennes significatives se produisent, tant en surface qu'en profondeur. La gamme de température comprise entre 10°C et 25°C favorise le développement d'une flore bactérienne diversifiée.

En surface, la flore est souvent mixte, avec une prédominance d'espèces capables de se développer dans des conditions aérobies ou anaérobies (facultatives), notamment les entérobactéries. Cependant, les *Pseudomonas* parviennent rapidement à dominer cette communauté microbienne, comme cela est observé à des températures plus basses. Cette prolifération des *Pseudomonas* est caractéristique d'une putréfaction superficielle, se manifestant par l'apparition d'une odeur nauséabonde.

c. Altérations des viandes conservées en chambre froide (<10°C)

Les viandes entreposées en chambre froide à des températures inférieures à 10°C sont sujettes à des altérations microbiennes qui dépendent en grande partie de l'humidité relative de l'atmosphère ambiante.

- **En atmosphère sèche:** La croissance bactérienne est ralentie, mais les moisissures (genres *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*) peuvent se développer à la surface de la viande en quelques jours ou semaines. Ces micro-organismes sont responsables de réactions d'hydrolyse et d'oxydation des lipides, entraînant une altération de la qualité gustative et sensorielle de la viande.
- **En atmosphère humide:** Les bactéries psychrotrophes, telles que les *Pseudomonas*, *Acétobacter* et les entérobactéries, prolifèrent rapidement à la surface de la viande, entraînant une dégradation rapide. Cette altération se manifeste par une coloration brun grisâtre, une odeur putride et une texture modifiée.

Références bibliographiques

- Bader, R., Becila, S., Ruiz, P., Djeghim, F., Sanah, I., Boudjellal, A., ... & Leroy, S. (2021). Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species. *Meat Science*, 171, 108277.
- Boudechicha, Hiba-Ryma, Sellama, Meriem, Boudjellal, Abdelghani, et al. (2018). Traditional meat products in Algeria: History, Preparation and consumption.
- Chaudieu, G. (1986). *Le livre de la viande: les viandes de boucherie, la charcuterie, la triperie, la volaille, le gibier, la sauvagine*. FeniXX.
- Cullere M., Dalle Zotte A. (2018). Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Sci.*, 143: 137-146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029>
- Ellies-Oury, M. P., & Hocquette, J. F. (2018). Présentation de l'ouvrage collectif «La chaîne de la viande bovine: Production, transformation, valorisation et consommation». *Viandes & Produits Carnés*, 1.
- FAO. (2021). Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole: Division de la statistique. <https://www.fao.org/faostat/fr/#data/QCL>.
- Listrat, A., Le Bret, B., Louveau, I., Astruc, T., Bonnet, M., Lefaucheur, L., & Bugeon, J. (2015). Comment la structure et la composition du muscle déterminent la qualité des viandes ou chairs?. *INRA Productions Animales*, 28(2), 125-136.
- Mondiale de la santé, Organisation, et al. (2022) Code d'usages sur les poissons et les produits de la pêche. Food & Agriculture Org.
- Nau, F., Guérin-Dubiard, C., Baron, F., & Thapon, J. L. (2010). Science et technologie de l'oeuf. De l'oeuf aux ovoproduits (pp. 552-p). Tec & Doc, Lavoisier.
- Ouali A. (1992). Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meat texture development. *Biochimie*, 74, 251-265.
- Ouali A., Herrera-Mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A., Aubry L., Sentandreu M.A., (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Sci.*, 74, 44-58
- Ouhayoun J. (1992). Quels sont les facteurs qui influencent la qualité de la viande de lapin. *Cuniculture*, 105(19), 3.
- Pal, M., Devrani, M., & Dufour, O. (2018). Application de différentes techniques de conservation de la viande. *Journal of Experimental Food Chemistry*.