



## COPYRIGHT

Tous droits de traduction et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays.

Loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » [alinéa 1er de l'article 40]. Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

ISBN 978-2-7148-0239-2

Dépôt légal 1<sup>er</sup> trimestre 2023

Rédigé par IDELE et INTERBEV

Coordination de l'ouvrage : Mathilde Klingler, Laurence Tiphine, Christophe Denoyelle

Conception graphique et mise en page : [jb.capelle@legomenon.fr](mailto:jb.capelle@legomenon.fr)

# SOMMAIRE

<b>Préambule</b>	<b>4</b>
<b>1<sup>re</sup> partie - Présentation des procédés, connaissances fondamentales d'abattage</b>	<b>5</b>
<b>Fiche 1.1 - Procédés d'abattage / découpe, types de conditionnement et commercialisation</b>	<b>6</b>
1.1.1 - De l'animal vivant à la viande	6
1.1.2 - La dénomination des morceaux	18
1.1.3 - Le conditionnement des viandes	21
1.1.4 - L'élevage bovin français et ses débouchés	27
<b>Fiche 1.2 - Caractéristiques des carcasses</b>	<b>33</b>
<b>Fiche 1.3 - Le muscle et sa transformation en viande</b>	<b>44</b>
<b>2<sup>e</sup> partie - Qualité technologique des viandes : le pH</b>	<b>51</b>
<b>Fiche 2.1 - Le pH de la viande – mécanismes métaboliques</b>	<b>52</b>
<b>Fiche 2.2 - Origines et leviers d'actions pour les pH élevé</b>	<b>55</b>
<b>Fiche 2.3 - Impacts économiques et devenir des viandes à pH élevé</b>	<b>59</b>
<b>3<sup>e</sup> partie - Qualité organoleptique des viandes</b>	<b>61</b>
<b>Fiche 3.1 - Tendreté de la viande</b>	<b>62</b>
3.1.1 - Tendreté de la viande : préambule	62
3.1.2 - Les composantes de la tendreté de la viande	64
3.1.3 - Les facteurs amonts de variation de la tendreté de la viande	66
3.1.4 - Tendreté de la viande et réfrigération	70
3.1.5 - Tendreté de la viande et mode de suspension des carcasses	75
3.1.6 - Tendreté de la viande et maturation	78
3.1.7 - Choix des morceaux, travail des viandes et tendreté	83
3.1.8 - Tendreté et attendrissage mécanique des viandes	87
3.1.9 - Tendreté et cuisson de la viande	90
3.1.10 - Mesures et méthodes prédictives de la tendreté de la viande	94
<b>Fiche 3.2 - Couleur de la viande</b>	<b>99</b>
<b>Fiche 3.3 - Flaveur de la viande</b>	<b>109</b>
<b>Fiche 3.4 - Jutosité de la viande</b>	<b>114</b>
<b>Fiche 3.5 - Qualité et impacts du gras de la carcasse à la viande</b>	<b>117</b>
3.5.1 - Qualité et impact du gras : préambule	117
3.5.2 - Les constituants du gras	118
3.5.3 - Les différents types de gras dans la filière viande bovine	121
3.5.4 - Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière	124
3.5.5 - Les leviers de pilotage du gras en aval de la filière	127
3.5.6 - Impacts du gras sur les consommateurs	130
3.5.7 - Mesures du gras	132
<b>4<sup>e</sup> partie - Méthodes, techniques et tables de références</b>	<b>137</b>
<b>Fiche 4.1 - Mesure du pH de la viande</b>	<b>138</b>
<b>Fiche 4.2 - Mesure de la température de la viande</b>	<b>143</b>
<b>Fiche 4.3 - Évaluation sensorielle appliquée à la viande</b>	<b>146</b>
<b>Glossaire</b>	<b>152</b>

# PRÉAMBULE

---

De l'animal au produit fini, les exigences relatives à la qualité des viandes varient suivant le maillon de la filière concerné. Ce recueil est une synthèse des connaissances actuelles sur la qualité des viandes bovines. Il rassemble des connaissances théoriques (explications sur des mécanismes métaboliques d'évolution des viandes par exemple) mais aussi des connaissances de terrain ainsi que des informations issues d'expérimentations menées par la filière. Le recueil s'attache également à souligner les leviers d'action à disposition des différents acteurs pour améliorer la qualité. Ce document ne constitue pas une compilation d'articles scientifiques mais une ressource mise à disposition d'un public de professionnels et d'enseignants.

Le *Recueil de connaissances de la qualité des viandes bovines* se présente par thématique sous la forme de 32 fiches et sous-fiches, indépendantes les unes des autres, et d'un glossaire. Il contient également de nombreuses illustrations améliorant la compréhension des différents thèmes abordés.

Rédigé par l'IDELE (Institut de l'Élevage), ce document a été validé par INTERBEV (Interprofession du Bétail et de la Viande).

---

# PARTIE 1

## PRÉSENTATION DES PROCÉDÉS, CONNAISSANCES FONDAMENTALES D'ABATTAGE

---

### **1. PROCÉDÉS D'ABATTAGE, DÉCOUPE, TYPES DE CONDITIONNEMENT ET COMMERCIALISATION**

1. De l'animal vivant à la viande
2. La dénomination des morceaux
3. Le conditionnement des viandes
4. Les types de bovins

### **2. CARACTÉRISTIQUES DES CARCASSES**

### **3. LE MUSCLE ET SA TRANSFORMATION EN VIANDE**

# 1

## PROCÉDÉS D'ABATTAGE, DÉCOUPE, TYPES DE CONDITIONNEMENT ET COMMERCIALISATION

### 1. DE L'ANIMAL VIVANT À LA VIANDE

Cette fiche identifie et illustre les différentes étapes depuis l'animal vivant jusqu'à la distribution de la viande au consommateur. De nombreux contrôles (identification, propreté et santé des animaux, protection animale, PPCM\*, sécurité sanitaire et qualité) sont réalisés tout au long de ces différentes étapes. Cette fiche indique également les différents rendements estimés depuis l'animal vivant jusqu'à la viande nette commercialisée.

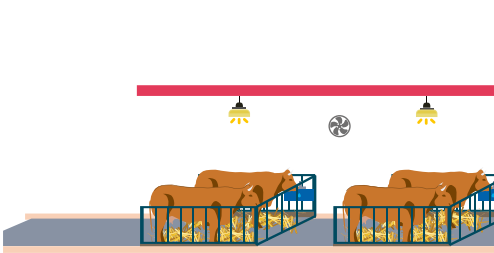
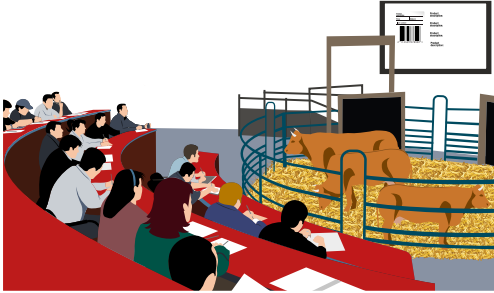
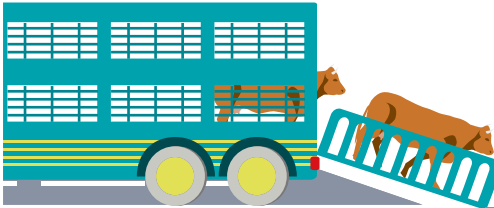

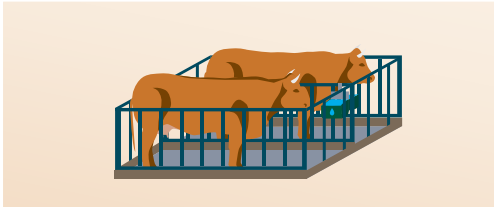



#### PRINCIPALES ÉTAPES DU BOVIN VIVANT À LA VIANDE

DE L'ÉLEVAGE AU PIÈGE D'ABATTAGE		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
Préparation pour l'abattage	Phase de finition : préparation des animaux pour que la viande présente les caractéristiques bouchères attendues, en particulier un état d'engraissement optimal.	
Chargement à la ferme	Transfert des animaux de la ferme au véhicule de transport après vérification de leur aptitude au transport, de leur état de propreté et des documents réglementaires (cohérence boucles/passeports avec attestation sanitaire) et autres documents de circulation.  <i>Références : Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants, fiche « Charger et décharger des bovins » (Animal Transport Guide 2017 - www.animaltransportguides.eu).</i>  <i>Guide pratique pour évaluer l'aptitude au transport des gros bovins (Eurogroup for Animals, UECEB, Animal's Angels, FVE, IRU, ELT, 2012).</i>	
Transport	Transport des animaux dans de bonnes conditions (aménagement véhicule, conduite souple du transporteur, etc.).  <i>Référence : Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants, fiche « Checklist conducteur : êtes-vous bien préparé ? » (Animal Transport Guide 2017 - www.animaltransportguides.eu).</i>	


Contrôles traçabilité / santé / propreté / hygiène

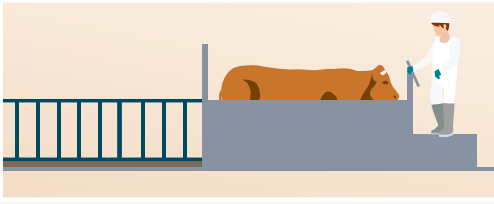
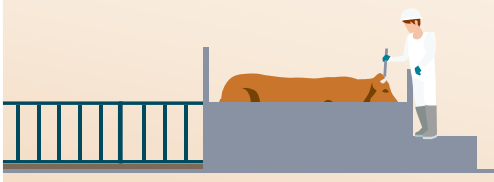
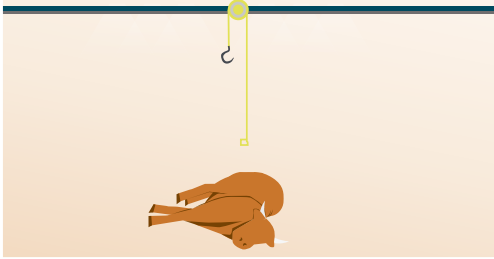
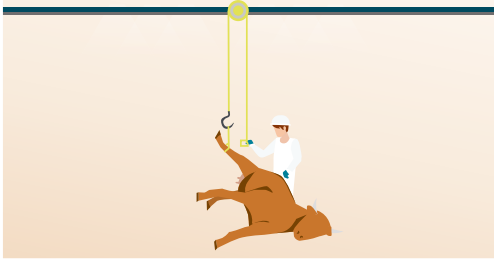
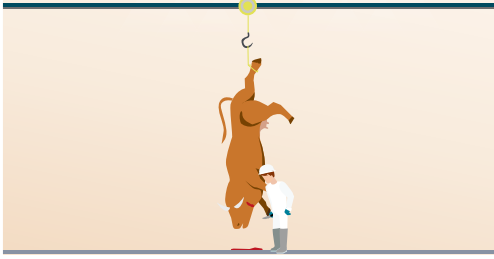
Mesures de protection animale

DE L'ÉLEVAGE AU PIÈGE D'ABATTAGE		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>Passage éventuel par un centre de rassemblement*</b>	<p>Déchargement et rassemblement d'animaux issus de différentes exploitations en vue de la constitution de lots destinés aux approvisionnements des abattoirs; attente éventuelle puis chargement des animaux.</p> <p>Références: <i>Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants, fiche « Charger et décharger des bovins » (Animal Transport Guide 2017 - www.animaltransportguides.eu).</i></p> <p><i>Guide pratique pour évaluer l'aptitude au transport des gros bovins (Eurogroup for Animals, UECEB, Animal's Angels, FVE, IRU, ELT, 2012).</i></p>	
<b>Passage éventuel par un marché*</b>	<p>Déchargement d'animaux issus de différentes exploitations en vue de leur commercialisation; attente éventuelle puis chargement des animaux.</p> <p>Références: <i>Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants, fiche « Charger et décharger des bovins » (Animal Transport Guide 2017 - www.animaltransportguides.eu).</i></p> <p><i>Guide pratique pour évaluer l'aptitude au transport des gros bovins (Eurogroup for Animals, UECEB, Animal's Angels, FVE, IRU, ELT, 2012).</i></p>	
<b>Déchargement à l'abattoir</b>	<p>Transfert des animaux du véhicule à la zone de réception.</p> <p>Références: <i>Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants, fiche « Charger et décharger des bovins » (Animal Transport Guide 2017 - www.animaltransportguides.eu).</i></p> <p><i>Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i></p>	
<b>Réception</b>	<p>Contrôle visuel et documentaire par l'opérateur comprenant:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'identité des animaux (boucle d'identification/passeport/document de circulation),</li> <li>- l'information sur la chaîne alimentaire (ICA),</li> <li>- la zone de provenance des animaux (mouvements autorisés),</li> <li>- leur état de santé (blessures, affaiblissement, etc.),</li> <li>- la notation de leur état de propreté, (Référence: <i>Grille de propreté - accord interprofessionnel du 22 mars 2017</i>),</li> <li>- le respect de leur bien-être.</li> </ul> <p>Référence: <i>Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i></p>	
<b>Hébergement en bouverie</b>	<p>Aménagement facilitant l'accueil, l'attente, la circulation et le repos des animaux; mise à disposition d'eau; si attente supérieure à 12 heures, mise à disposition d'aliments et de litière.</p> <p>Référence: <i>Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i></p>	
<b>Inspection vétérinaire ante mortem</b>	<p>Vérification par les services vétérinaires des points contrôlés par l'opérateur et de l'aptitude de l'animal à être transformé en denrée alimentaire.</p> <p>Référence: <i>Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i></p>	

Contrôles traçabilité / santé / propreté / hygiène

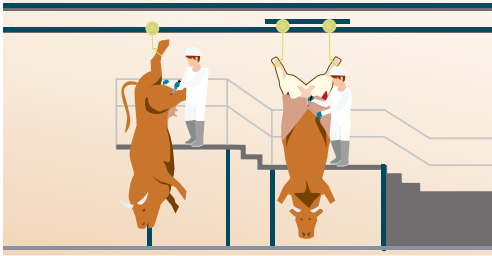

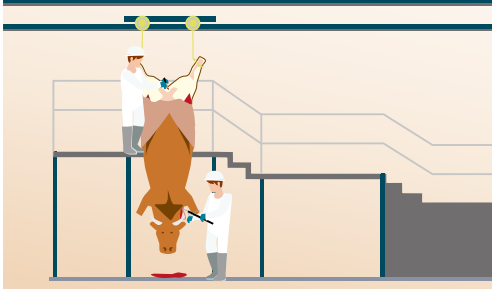
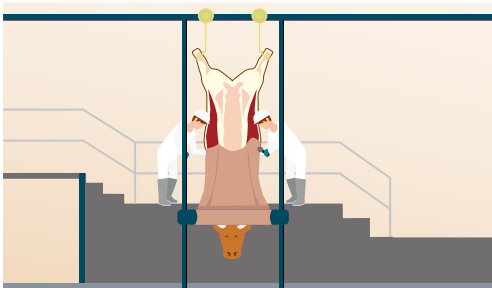
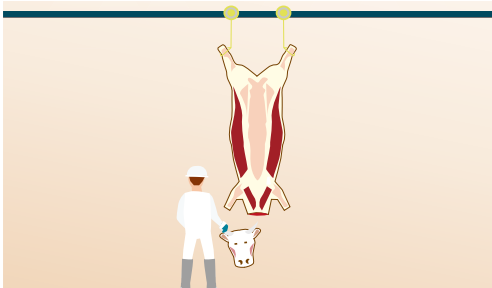

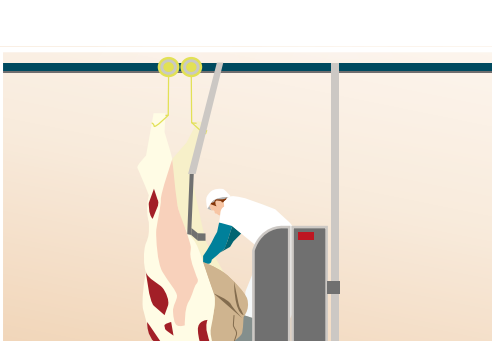
Mesures de protection animale

DE L'ÉLEVAGE AU PIÈGE D'ABATTAGE		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
Reprise et amenée vers le piège d'abattage	Aménagement facilitant la circulation des animaux (barres antichevauchement, revêtements de sol antidérapants, etc.). <i>Référence: Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i>	

1 <sup>ÈRE</sup> TRANSFORMATION : OBTENTION CARCASSE, QUARTIERS ET ABATS		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>ABATTAGE</b>		
Contention	Immobilisation de l'animal par un système adapté. <i>Référence: Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i>	
Étourdissement (anesthésie)	Procédé provoquant la perte de conscience et de sensibilité immédiate de l'animal. <i>Référence: Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i>	
Affalage	Chute de l'animal étourdi; vérification de l'absence de signe de conscience. <i>Référence: Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i>	
Accrochage	Accrochage de l'animal inconscient par une patte arrière; entrée sur la chaîne d'abattage. <i>Référence: Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i>	
Saignée	Entraîne la mort; doit être effectuée rapidement après étourdissement. Vérification de la mort de l'animal. <i>Référence: Guide de bonnes pratiques - maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013).</i>	
<b>PRÉPARATION EXTERNE DE LA CARCASSE</b>		
Coupe des pieds	Section des membres au niveau des articulations tarse-métatarse et carpe-métacarpe.	





1 <sup>ÈRE</sup> TRANSFORMATION : OBTENTION CARCASSE, QUARTIERS ET ABATS		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>PRÉPARATION EXTERNE DE LA CARCASSE</b>		
<b>Traçage du cuir (pré-dépouille)</b>	Incision de la peau et préparation du masque (au niveau de la tête).	
<b>Coupe mamelles, verge, testicules et cornes</b>	Retrait de ces organes faisant partie du V <sup>e</sup> quartier.	
<b>Ligature de l'herbière et ensachage du rectum</b>	Obturation de l'herbière (œsophage) le plus près possible de la panse et ensachage du rectum, pour éviter la contamination de la carcasse par le contenu intestinal.	
<b>Arrachage du cuir (dépouille ou habillage)</b>	Séparation du cuir de la surface de la carcasse.	
<b>Coupe de la tête et retrait de la langue</b>	Retrait de ces organes faisant partie du V <sup>e</sup> quartier (dont une partie est traitée en MRS* - matériels à risque spécifié).	
<b>PRÉPARATION INTERNE DE LA CARCASSE</b>		
<b>Fente du sternum</b>		
<b>Éviscération blanche</b>	Fente de l'abdomen et retrait des viscères abdominaux : intestins, panses, en évitant tout contact entre le contenu des viscères et la carcasse pour assurer la qualité hygiénique.	

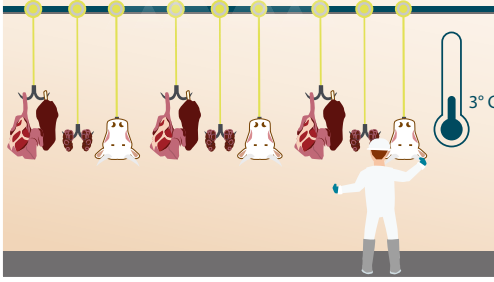

Contrôles traçabilité / hygiène

1 <sup>ÈRE</sup> TRANSFORMATION : OBTENTION CARCASSE, QUARTIERS ET ABATS		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>PRÉPARATION INTERNE DE LA CARCASSE</b>		
<b>Éviscération rouge</b>	Retrait des viscères thoraciques : poumons, cœur, et retrait des reins et du foie.	
<b>Fente carcasse en demi-carcasses</b>	Fente le long de la colonne vertébrale en vue de l'inspection <i>post mortem</i> ; aspiration des sciures d'os et des résidus médullaires (élimination d'éventuels MRS - participe à la bonne présentation commerciale des demi-carcasses).	
<b>Parage de la plaie de saignée</b>	Retrait des tissus situés autour de la perforation occasionnée par la saignée, pour satisfaire aux exigences réglementaires de sécurité sanitaire des aliments et de présentation des carcasses en vue de la pesée fiscale et du classement.  <i>Références : Guide de bonnes pratiques pour la présentation de la plaie de saignée et de la gouttière jugulaire des Gros Bovins à l'abattoir, Idele, Interbev, 2013.</i>  <i>Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.</i>	
<b>Émoussage</b>	Retrait des graisses de couverture de la carcasse jugées en excès (sans jamais mettre à nu le tissu musculaire).  <i>Référence : Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.</i>	
<b>Dégraissage (ou parage)</b>	Retrait des graisses internes jugées en excès (sans jamais mettre à nu le tissu musculaire).  <i>Référence : Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.</i>	
<b>Inspection vétérinaire <i>post mortem</i></b>	Vérification par les services vétérinaires de la conformité sanitaire de la carcasse et des abats en vue de leur commercialisation.  Application sous responsabilité des services vétérinaires de la marque de salubrité de l'abattoir sur la carcasse destinée à la consommation humaine.	

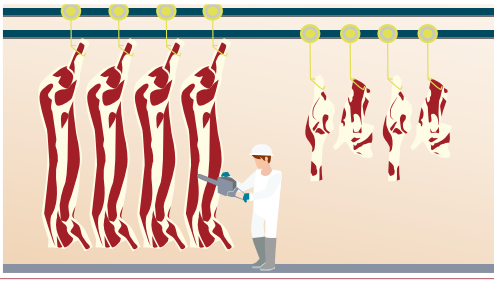
Contrôles traçabilité / hygiène

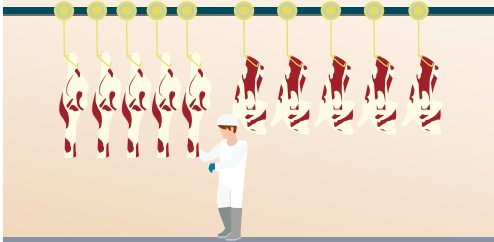
1 <sup>ÈRE</sup> TRANSFORMATION : OBTENTION CARCASSE, QUARTIERS ET ABATS		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>PRÉPARATION INTERNE DE LA CARCASSE</b>		
<b>Pesée fiscale</b>	<p>Réalisée à chaud dans l'heure qui suit la saignée de l'animal (cf. Fiche 1.2 - Caractéristiques des carcasses).</p> <p>Référence: Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.</p>	
<b>Classement</b>	<p>Jugement de la conformation et de l'état d'engraissement de la carcasse (cf. Fiche 1.2 - Caractéristiques des carcasses).</p> <p>Référence: Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.</p>	
<b>Marquage</b>	<p>Par estampillage ou par étiquetage: numéro d'identification, catégorie, poids fiscal, conformation et état d'engraissement de la carcasse (cf. Fiche 1.2 - Caractéristiques des carcasses).</p> <p>Référence: Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.</p>	
<b>Réfrigération: ressuage</b>	<p>Abaissement de la température de la carcasse de 38,5 °C à 7 °C à cœur, s'accompagnant de pertes de masse (eau).</p> <p>À titre d'exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- passage de 2 à 5 heures en « frigo choc » (froid intense et air propulsé à grande vitesse pour assécher la carcasse en surface)</li> <li>- puis passage une quinzaine d'heures en « frigo d'égalisation » (froid et vitesse d'air plus modérés).</li> </ul>	
<b>Stockage</b>	<p>Maintien de la carcasse à une température inférieure ou égale à 7 °C en tout point; période de démarrage de la maturation.</p>	

Contrôles traçabilité / hygiène

TRAITEMENT DES ABATS		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
Réception des matières premières	Contrôle visuel des abats : cœur, foie, morceaux ou pièces de tête, joue, langue, rognons, queue, etc.	
Préparation	Nettoyage, blanchiment, parage selon les abats, et refroidissement.	
Pesée, conditionnement, étiquetage et expédition des produits		

Contrôles traçabilité / hygiène

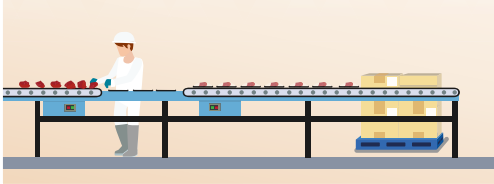

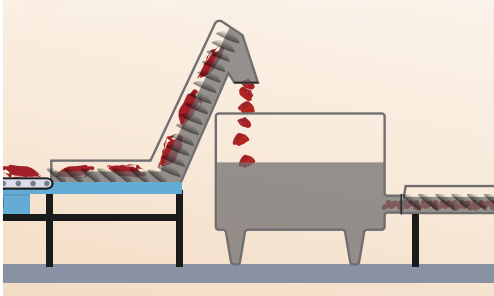
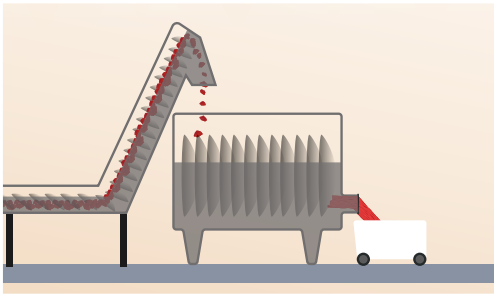
ORIENTATION DES CARCASSES SELON CIRCUIT DE COMMERCIALISATION		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
Coupe de gros (coupe primaire)	Séparation des quartiers avant et arrière.	
Contrôle qualité avant orientation	Contrôle visuel de la qualité de la viande et de la conformité avec les commandes des clients (sur la base des cahiers des charges par exemple).	
Orientation vers le marché quartiers, morceaux de gros ou pièces avec os	En fonction de la demande du marché ou des commandes des clients.	
Ou		
Orientation vers la découpe (cf. ci-dessous)	En fonction de la demande du marché ou des commandes des clients.	

2 <sup>E</sup> TRANSFORMATION		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
Réception des matières premières	Contrôle visuel des quartiers.	

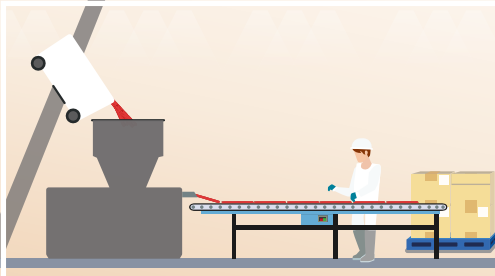
2 <sup>E</sup> TRANSFORMATION		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
Découpe et désossage	Séparation des grosses pièces : collier, basses-côtes, raquette, caparaçon, milieu de train de côtes, aloyau, bavette, cuisse.	
Démontage, parage, épluchage manuel, dénervage	Séparation des groupes de muscles ; retrait des coproduits et sous-produits (graisses de couverture en excès, aponévroses, faisceaux vasculaires, tendons et ligaments).	
Épluchage à la machine	Séparation des tissus aponévrotiques (gaines conjonctives entourant les muscles) des muscles.	
Pratique de l'affranchi	Séparation des parties tendres et plus fermes des muscles, de façon à les orienter vers des usages adaptés ; obtention de morceaux de muscles et d'affranchis (ou viande d'affranchis).	
Pesée, conditionnement, étiquetage et expédition des produits	Obtention des produits : muscles ou morceaux de muscles, affranchis, parages de muscles, viande pour haché (VPH), viandes pour préparations-produits à base de viande (PPV). <i>Référence : Guide des usages des matières premières destinées aux produits élaborés - espèces bovine et ovine (Coop de France, FNICGV, SNIV-SNCP, mai 2014).</i>	

Contrôles traçabilité / hygiène

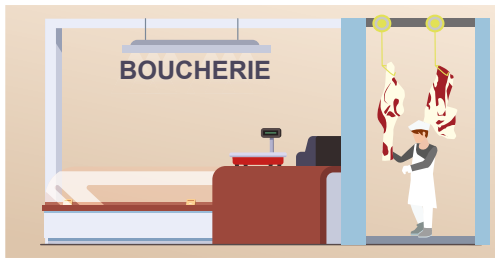

3 <sup>E</sup> TRANSFORMATION : FABRICATION DE VIANDES ET ABATS PIÉCÉS OU DE VIANDE HACHÉE		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>FABRICATION DE VIANDES OU ABATS PIÉCÉS (UVC)*</b>		
Réception des muscles, morceaux de muscles ou abats	Déconditionnement et contrôle à réception (examen visuel, qualité microbiologique, température, etc.).	
Tranchage (ou piéçage) des muscles, morceaux de muscles ou abats	Découpe automatique ou manuelle en morceaux de détail, à poids constant ou variable selon les cas.	
Conditionnement des viandes ou abats piécés	Conditionnement sous atmosphère modifiée ou sous vide.	

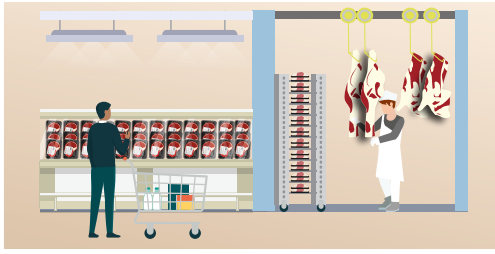

3 <sup>E</sup> TRANSFORMATION : FABRICATION DE VIANDES ET ABATS PIÉCÉS OU DE VIANDE HACHÉE		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>FABRICATION DE VIANDES OU ABATS PIÉCÉS (UVCI*)</b>		
Congélation ou surgélation éventuelle	Congélation : température inférieure à -12 °C. Surgélation : température inférieure à -18 °C.	
Pesée et étiquetage des viandes ou abats piécés		
Stockage et expédition des viandes ou abats piécés vers points de vente, unités industrielles, RHD, etc.		
<b>FABRICATION DE VIANDE HACHÉE (VH)</b>		
Réception des muscles, VPH et affranchis	Déconditionnement si nécessaire ; contrôle à réception (examen visuel, qualité microbiologique, température, conformité proportion de gras, etc.). <i>Références : Code des usages pour les viandes hachées et les préparations de viandes hachées préparées à l'avance (Certiviande, mai 2001). Guide des usages des matières premières destinées aux produits élaborés - espèces bovine et ovine (Coop de France, FNIGGV, SNIV-SNCP, mai 2014).</i>	
Hachage primaire des muscles, VPH et affranchis	Obtention de fragments de muscles de granulométrie comprise entre 8 et 10 mm.	
Mélange et refroidissement simultanés	Contrôle des critères de composition des VH : - teneur en matières grasses ; - rapport tissu conjonctif (collagène) sur protéines de viande. Rectification du taux de matières grasses si nécessaire.	
Hachage secondaire du mélange	Hachage dont la granulométrie est adaptée au produit final souhaité (par exemple VH façon boucher).	
Surgélation éventuelle	Température inférieure à -18 °C.	

Contrôles traçabilité / hygiène

<b>3<sup>e</sup> TRANSFORMATION : FABRICATION DE VIANDES ET ABATS PIÉCÉS OU DE VIANDE HACHÉE</b>		
<b>ÉTAPE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>ILLUSTRATION</b>
<b>FABRICATION DE VIANDE HACHÉE (VH)</b>		
<b>Conditionnement en vrac ou après mise en forme</b>	Conditionnement sous atmosphère modifiée ou sous vide si VH réfrigérée; conditionnement sous plastique transparent non étirable si VH surgelée.	
<b>Pesée et étiquetage de la VH</b>	VH vendue à poids constant.	
<b>Stockage et expédition de la VH vers points de vente, unités industrielles, RHD, etc.</b>		

Contrôles traçabilité / hygiène

<b>DISTRIBUTION AU CONSOMMATEUR</b>		
<b>ÉTAPE</b>	<b>DESCRIPTION</b>	<b>ILLUSTRATION</b>
<b>EN BOUCHERIE ARTISANALE ET RAYON TRADITIONNEL DES GMS</b>		
<b>Réception et déconditionnement de pièces de gros</b>	Contrôle visuel (origine, quantité, nature) des quartiers ou pièces de gros. Contrôle qualité et hygiène (température, etc.) des quartiers ou pièces de gros.	
<b>Découpe, désossage, démontage</b>	Obtention de muscles entiers, de portions de muscles ou de groupes de muscles.	
<b>Parage, épluchage manuels</b>	À l'avance ou au moment de la vente.	
<b>Dénervation, affranchi, attendrissage</b>	Opérations éventuellement réalisées à l'avance ou au moment de la vente.	
<b>Préparation pour mise en vente</b>	Ficelage, piquage, décoration des pièces de viande.	
<b>Tranchage (piécage)</b>	Au moment de la demande du client, conformément à la réglementation.	
<b>Hachage à la demande</b>	Au moment de la demande du client, conformément à la réglementation.	
<b>Conditionnement et pesée</b>	Conditionnement sous papier boucher. Détermination du prix à payer.	

DISTRIBUTION AU CONSOMMATEUR		
ÉTAPE	DESCRIPTION	ILLUSTRATION
<b>EN RAYON LIBRE-SERVICE DES GMS</b>		
Réception et déconditionnement des pièces de gros	Contrôles qualitatifs des quartiers ou pièces de gros.	
2° transformation	Fabrication d'UVCM*: découpe, désossage, démontage, parage, épluchage, etc.; pièceage; pesée, conditionnement et étiquetage.	
Mise en rayon des UVCM	Selon les règles d'approvisionnement du rayon libre-service propres à chaque GMS.	
Ou		
Réception des UVCI	Contrôles qualitatifs des UVCI.	
Mise en rayon des UVCI	Selon les règles d'approvisionnement du rayon libre-service propres à chaque GMS.	
<b>EN RHD : RESTAURATION COLLECTIVE, RESTAURATION RAPIDE, CAFÉTÉRIAS, RESTAURATION AVEC SERVICE À TABLE</b>		
Réception et déconditionnement	Contrôles qualitatifs des viandes prêtes à cuire.	
Restauration collective: préparation/ cuisson, refroidissement, remise à température et service	Cuisson maîtrisée (température et durée) des morceaux à cuisson rapide (bleu, saignant, etc.) ou à cuisson lente (obtention tendreté suffisante) en vue d'une remise à température ultérieure.	
Ou		
Autres types de RHD: préparation/ cuisson des portions et service	Cuisson maîtrisée (température et durée) des morceaux à cuisson rapide (bleu, saignant, etc. selon demande du client) ou à cuisson lente (obtention tendreté suffisante).	



Illustrations ©Interbev



## RENDEMENTS INDICATIFS

La viande hachée a été créée dans les années 1960 pour valoriser les morceaux à cuisson lente (cf. *Sous-fiche 3.1.7 Choix des morceaux, travail des viandes et tendreté*). Son succès est tel, aujourd'hui, que non seulement la plupart des pièces à cuisson lente sont

orientées vers la viande hachée, mais également une part croissante des morceaux à cuisson rapide. Ainsi, avec la demande du marché, entre 46 et 54 % (selon le type racial et la catégorie des animaux) du poids de la carcasse sont utilisés en viande hachée, ne laissant que 17 à 30 % pour les pièces à cuisson rapide, et 3 à 10 % pour les pièces à cuisson lente.

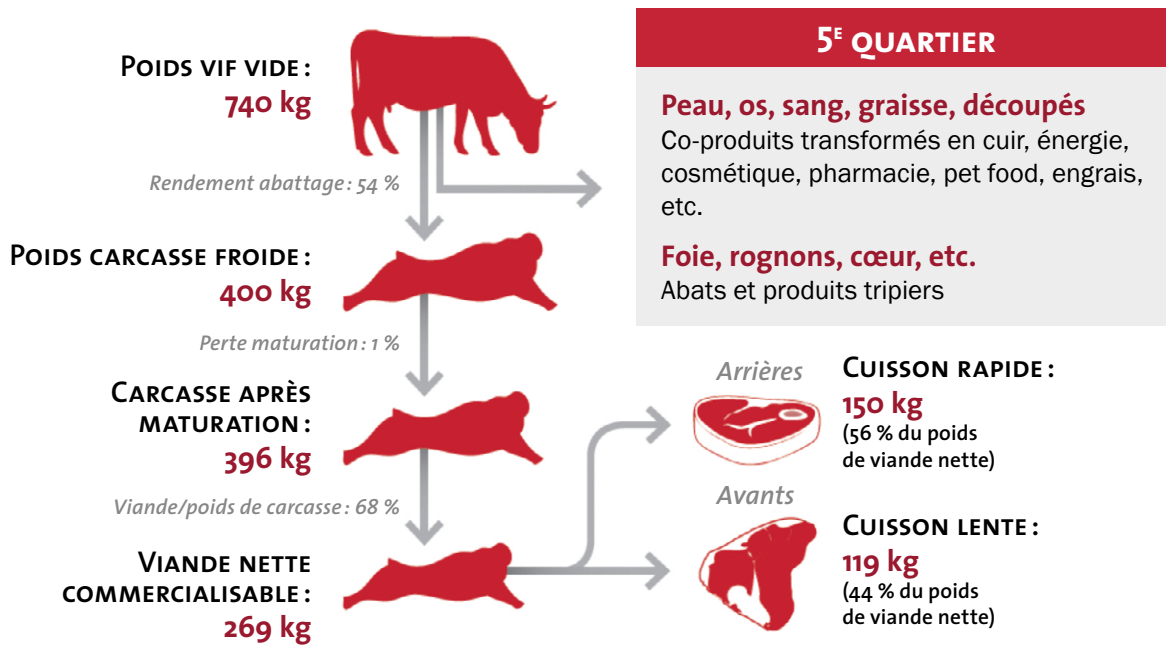


Figure n° 1: Rendement indicatif d'une vache allaitante (Charolaise) de 400 kg de carcasse classée U3 (L'essentiel de la filière bovine française, Interbev, 2019). NB: Le poids vif vide (poids de l'animal vivant sans contenu digestif) est très variable selon la catégorie, le type racial, l'âge à l'abattage, etc.

## 2. LA DÉNOMINATION DES MORCEAUX

La dénomination des morceaux de viande bovine est précisément définie par des textes réglementaires et un accord interprofessionnel. Les obligations diffèrent selon le secteur considéré : boucherie artisanale et rayon traditionnel des GMS, ou UVC vendues en libre-service des GMS.



### DROITS ET DEVOIRS DES DIFFÉRENTS CIRCUITS DE DISTRIBUTION

Différents textes régissent les modalités d'information des consommateurs en matière de marquage ou d'étiquetage des viandes de gros bovins vendues au détail.

Pour les viandes vendues non préemballées (boucherie artisanale, rayon traditionnel en GMS\*, etc.), la dénomination usuelle doit être indiquée.

Pour les viandes vendues préemballées (libre-service, vente directe, boucherie artisanale, etc.), certains morceaux sont regroupés sous des dénominations génériques à la place des noms anatomiques, souvent peu connus des consommateurs.

### VIANDES VENDUES NON PRÉEMBALLÉES

En boucherie artisanale ou au rayon traditionnel des GMS, les conseils des bouchers orientent les consommateurs en matière de choix des morceaux : c'est pourquoi les dénominations usuelles (reposant sur le nom anatomique du morceau dont est issue la viande) sont utilisées dans ces commerces, dans le respect de l'arrêté du 18 mars 1993 modifié<sup>1</sup>. Ce dernier stipule en effet que « l'information du consommateur sur les prix par marquage ou étiquetage, ainsi que celle donnée par tout support publicitaire consistant [...] à indiquer le prix au kilogramme en regard des dénominations usuelles » listées dans son annexe I.

L'arrêté du 18 mars 1993 modifié précise également que :

- « la publicité des prix de vente au détail est assurée par la mention, sur un tableau d'affichage exposé en permanence à la vue du public, des prix au kilogramme de tous les types de morceaux vendus dans l'établissement » : « les dénominations et l'ordre des morceaux tels que prévus » dans l'annexe I (cf. ci-dessus) doivent être respectés ; « la hauteur des chiffres et lettres utilisés ne pourra être inférieure à 1,5 cm » ;
- « la présence d'os doit être indiquée conjointement avec la dénomination chaque fois que l'omission de cette information est de nature à induire le consommateur en erreur » ;
- « les appellations en usage localement, les mentions complémentaires facultatives prévues » (cf. annexe I) « ainsi que les indications relatives au mode de cuisson ou à la destination culinaire conseillés peuvent être utilisées conjointement avec la dénomination usuelle ».

### REFONTE DE LA NOMENCLATURE EN 2014 POUR LES VIANDES VENDUES PRÉEMBALLÉES

Les dénominations usuelles en vigueur en boucherie artisanale étaient également utilisées en rayon libre-service, notamment en GMS\* : les consommateurs se trouvaient alors directement confrontés aux dénominations anatomiques indiquées sur les barquettes, alors qu'ils les connaissaient souvent mal.

DÉNOMINATIONS USUELLES	MENTIONS COMPLÉMENTAIRES FACULTATIVES	DÉNOMINATIONS USUELLES	MENTIONS COMPLÉMENTAIRES FACULTATIVES
Filet	Sans chaînette	Aiguillette baronne	
Faux-filet		Bavette d'loyau	
Rumsteck	Aiguillette Milieu	Araignée	
Entrecôte		Onglet	
Noix d'entrecôte		Dessus de palette	
Loyau à l'os	Filet - Faux-filet à l'os	Hampe	
Côte		Pièce parée	Persillé
Tranche (*)	Plat de tranche Rond de tranche Mouvant	Bavette de flanchet	

1. Arrêté du 18 mars 1993 relatif à la publicité des prix des viandes de boucherie et de charcuterie, modifié par l'arrêté du 10 juillet 2014.

## 1.1.2 LA DÉNOMINATION DES MORCEAUX

DÉNOMINATIONS USUELLES	MENTIONS COMPLÉMENTAIRES FACULTATIVES	DÉNOMINATIONS USUELLES	MENTIONS COMPLÉMENTAIRES FACULTATIVES
Bifteck haché provenant de morceaux dénervés et dégraissés		Collier (*)	Veine grasse Veine maigre Griffe
Basse côte (*)		Jarret	Jarret avant Jarret arrière
Macreuse (*)		Poitrine	Gros bout de poitrine Milieu de poitrine Tendron
Jumeau (*)		Plat de côte	
Rond de gîte (*)		Dessus de côte	
Gîte (*)	Nerveux de gîte	Flanchet	
Gîte de noix (*)		Queue	
Paleron (*)			

(\*) Cette dénomination doit être complétée par la destination culinaire ou le mode de cuisson conseillés lorsque le morceau est prêt à la vente : à rôtir, à griller, à braiser, à bouillir, à bifteck, à pot au feu, à bourguignon, à fondue, à carpaccio

Figure n° 1 : Dénomination usuelles des viandes vendues non préemballées (annexe I de l'arrêté du 18 mars 1993 modifié)

Dans un souci de simplification de l'information destinée aux consommateurs et pour les viandes vendues en libre-service, l'arrêté du 10 juillet 2014 a permis :

- « de regrouper certains morceaux de viande sous une même dénomination générique (exemple : steak, rôti...) à la place du nom précis du muscle peu connu (exemple : tendre de tranche, jumeau...) »,
- et d'accompagner cette dénomination générique « du potentiel de qualité du morceau réparti en trois classes sous

formes d'étoiles accolées à la dénomination, allant de trois étoiles pour le potentiel de qualité le plus élevé à une étoile pour le potentiel de qualité le moins élevé ».

- Ainsi, « l'information du consommateur sur les prix par marquage ou étiquetage, ainsi que celle donnée par tout support publicitaire consistent [...] pour les viandes préemballées, à indiquer le prix au kilogramme en regard des dénominations usuelles » listées en annexe I bis de l'arrêté du 18 mars 1993 modifié par l'arrêté du 10 juillet 2014.

DÉNOMINATION USUELLE DU MORCEAU (1)	DESCRIPTION DES MORCEAUX
Filet ***	Filet
Faux-filet ***	Faux-filet
Rumsteck ***	Milieu de rumstek affranchi
Entrecôte ***	Entrecôte parée sans dessus de côte et sans nerf dorsal
Aloyau à l'os *** (T bone)	Aloyau à l'os
Côte ***	Côte
Bavette d'aloyau ***	Bavette d'aloyau
Onglet ***	Onglet
Hampe **	Hampe
Basse côte **	Basse côte affranchie
Steak *** ou rôti ***	Rond de tranche affranchi, entame du tendre de tranche, poire
Steak ***	Plat de mouvant de tranche affranchi, araignée, dessus de palette, plat de nerveux de gîte-noix affranchi
Steak ** ou rôti **	Aiguillette de rumsteck affranchie, plat de tranche affranchi sans la pointe, partie centrale du tendre de tranche, dessous de macreuse affranchie, partie centrale du mouvant de tranche
Steak **	Merlan, pièce parée affranchie, paleron sans nerf central affranchi
Steak * ou rôti *	Jumeau affranchi, talon du tendre de tranche, rond de gîte-noix affranchi, aiguillette baronne affranchie, gîte-noix affranchi
Steak *	Partie attenante au gîte-noix de l'aiguillette de rumsteck, pointe de plat de tranche, dessus de tranche affranchi, bavette de flanchet affranchie, dessus de boule de macreuse, paleron avec nerf central

## 1.1.2 LA DÉNOMINATION DES MORCEAUX

DÉNOMINATION USUELLE DU MORCEAU (1)	DESCRIPTION DES MORCEAUX
Bourguignon *** ou pot au feu ***	Basse côte, jumeau, nerveux de gîte-noix, collier, macreuse à braiser, paleron sans tête de nerf épluché, jarret, queue, joue
Bourguignon ** ou pot au feu **	Poitrine (gros bout, milieu, tendron) en mélange avec d'autres morceaux, plat de côte découvert, dessus de côte, plat de côte, rond de gîte-noix, gîte-noix
Poitrine *	Gros bout, milieu, tendron, flanchet
Jarret ***	Jarret
Paleron ***	Paleron
Queue ***	Queue
Joue ***	Joue

(1) Les étoiles correspondent au potentiel de qualité en allant du potentiel de qualité le plus élevé \*\*\* au potentiel le moins élevé \*.  
Autres dénominations usuelles :

- La désignation « tournedos » correspond à une tranche de filet ficelée qui peut être bardée.
- La désignation « chateaubriand » correspond à une tranche épaisse de filet.
- Les steaks \*\*\* lorsqu'ils sont présentés sous forme de tranche épaisse peuvent être désignés « pavés \*\*\* ».
- Les pavés \*\*\* peuvent être en tournedos, dans ce cas leur dénomination est « pavé \*\*\* en tournedos ».
- La désignation « morceaux à fondue » correspond à des morceaux issus de pièces à griller ou à rôtir \*\*\*.
- La désignation « morceaux à brochettes » correspond à des morceaux issus de pièces à griller ou à rôtir \*\* et \*\*\*.
- La désignation « morceaux à pierrade » correspond à des tranches fines issues de pièces à griller ou à rôtir \*\* et \*\*\*.
- La désignation « morceaux à carpaccio » correspond à des tranches fines issues de pièces à rôtir \*, \*\* et \*\*\*.
- La désignation « émincé » correspond à des petits morceaux issus de pièces à griller et/ou à rôtir \*, \*\* et \*\*\*.
- Pour les viandes à mijoter, les termes « bourguignon » ou « pot-au-feu » peuvent être remplacés par « toute autre destination culinaire de viande à cuisson lente ».

Figure n° 2 : Dénomination usuelles des viandes vendues préemballées (annexe I bis de l'arrêté du 18 mars 1993 modifié)

Sur cette base, la filière a élaboré un accord inter-professionnel qui rend obligatoire depuis le 19 février 2015 l'application d'un Guide de découpe décrivant précisément les niveaux de préparation (parage, affranchi, tranchage, etc.) à mettre en œuvre pour les pièces de viande vendues sous UVCI ou UVCM\* en fonction des muscles et des degrés de qualités attendus. En particulier, l'hétérogénéité des muscles est prise en compte, ainsi que les qualités gustatives différentes qui en découlent.

Le potentiel de qualité du morceau codé par une, deux ou trois étoiles est décliné en :

- potentiel de tendreté pour les morceaux à griller ou à rôtir (muscles à cuisson rapide) selon le muscle, sa découpe et la zone dont il est issu ;
- ou potentiel de moelleux pour les morceaux à mijoter (muscles à cuisson lente) selon la teneur en collagène.

La destination culinaire (mode de cuisson ou de préparation) la plus adaptée au morceau, selon la nature plus ou moins

tendre, grasse, fibreuse ou nerveuse du morceau, est à indiquer parmi : à griller, à rôtir, à mijoter, cuisson sur pierre, carpaccio, émincé, brochettes, fondue.



Figure n° 3 : Exemple de simplification de l'information destinée aux consommateurs pour les viandes préemballées ©Interbev

Pièce bouchère	Dénomination usuelle	Mentions complémentaires	Description des morceaux	Niveau de préparation	Photos
Rumsteck	Rumsteck ***	À griller	Milieu de rumsteck affranchi	Rumsteck paré et épluché, sans aiguillette, sans faux morceau, sans chaînette, démonté en 3 pièces (cœur, filet et limande), « nerfs » retirés. Le cœur et le filet sont affranchis côté fémur. Tranchage dans la longueur pour le filet et dans la largeur pour le cœur.	

Figure n° 4 : Extrait du Guide de découpe des viandes de bœuf (version définitive du 23 mai 2014, consultable sur interbev.fr) ©Interbev

## 3. LE CONDITIONNEMENT DES VIANDES

Le conditionnement répond à plusieurs enjeux : conservation, praticité et présentation du produit.

Utilisé à la fois par les fabricants et les distributeurs de viande, le conditionnement des viandes se présente en général sous vide, sous atmosphère modifiée, sous film étirable (perméable aux gaz) ou encore sous papier boucher.



### DÉFINITION ET OBJECTIFS DU CONDITIONNEMENT

La conservation réfrigérée des viandes peut se faire à l'état nu ou sous forme conditionnée. Le conditionnement est l'opération qui assure la protection d'un produit par l'emploi d'une enveloppe. Réglementairement<sup>1</sup>, le conditionnement est défini par « l'action de placer une denrée alimentaire dans une enveloppe ou dans un contenant en contact direct avec la denrée concernée ; cette enveloppe ou ce contenant ». L'emballage s'en distingue par « l'action de placer une ou plusieurs denrées alimentaires conditionnées dans un deuxième contenant ; le contenant lui-même ». Un point particulier sera effectué sur les conditionnements innovants.

Parmi les nombreux rôles qu'il assure, le conditionnement sert tout d'abord de barrière protectrice lors des manipulations de la viande. Mais il s'agit aussi d'un procédé de conservation qui permet de prolonger ou d'améliorer la durée de vie du produit. Son rôle est alors de limiter les altérations naturelles telles que la dégradation microbologique, les altérations de couleur et de flaveur dues aux oxydations, ou encore les pertes de masse.

#### LE SAVIEZ-VOUS ?

Le conditionnement de la viande se raisonne selon le stade du circuit d'élaboration (niveau de découpe) ou de commercialisation concerné, avec pour chacun des contraintes et attentes spécifiques.

#### Stade de gros :

Le stade de gros correspond aux carcasses entières et aux demi-carcasses et quartiers.

#### Stade de demi-gros :

Le stade de demi-gros fait référence aux muscles anatomiques et aux ensembles de muscles (par exemple : milieu train de côtes (ou encore la boule de cuisse (BCU)). Selon

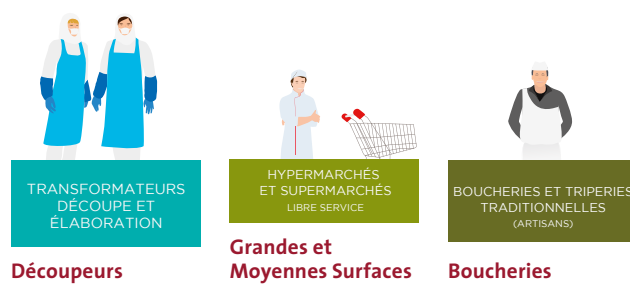
les cas, les muscles se présentent sous forme de PAD\* ou PS\*.

#### Stade du piécé :

Le stade du piécé correspond aux morceaux issus de la découpe (tranches, rôtis...), proposés à la commercialisation au consommateur. Ce sont les UVCI\* et UVCM\* majoritairement, et le vrac.

### TYPES DE CONDITIONNEMENT EXISTANTS

Afin d'illustrer les acteurs concernés par chaque type de conditionnement, des logos représentant les professionnels sont utilisés en début de paragraphe.



Suivant les circuits de valorisation des produits, une certaine variabilité des différents types de conditionnements utilisés par la filière existe.

### SOUS VIDE



#### PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La technique consiste à placer le produit dans un contenant, à évacuer le maximum d'air puis à fermer ce contenant de façon étanche. En général, il s'agit d'une enveloppe en plastique souple qui se plaque progressivement sur le produit pour

1. Règlement CE n° 852/2004 du 29 avril 2004 modifié

en épouser étroitement la forme (cf. Figure n° 1). La présence d'os peut cependant rendre délicate la parfaite jonction entre l'enveloppe et le morceau.

L'enveloppe est imperméable aux gaz afin d'empêcher toute pénétration ultérieure de l'air. Le produit se trouve ainsi dans une ambiance de vide relatif, pouvant aller en dessous de 1/100<sup>e</sup> d'atmosphère.



Figure n° 1 : Conditionnement sous vide épousant la forme du muscle

#### Pratique de la rétraction à la chaleur

Une rétraction de l'enveloppe à la chaleur durant quelques secondes est parfois également effectuée. Cette pratique présente certains avantages techniques et commerciaux :

- réduction des pertes d'eau par adhésion parfaite de l'emballage au produit et absence de phénomènes de capillarité ;
- augmentation de la résistance mécanique du matériau grâce à l'augmentation de son épaisseur permise par la rétraction à la chaleur et élimination des surfaces ridées, des plis et des angles vifs, ce qui réduit les risques de perforation au cours de la manutention, particulièrement lorsque le produit est très froid ;
- absence de déformation du produit, qui conserve son aspect d'origine.

Cette pratique est surtout valorisée à l'échelle industrielle,

- où les volumes traités sont importants en tenant compte de durées de conservation suffisantes, ce qui rend intéressante toute réduction des pertes de masse, même faible ;
- où les produits peuvent être manipulés lors d'étapes intermédiaires et où la pratique de rétraction à la chaleur assure une protection supplémentaire face au risque de « dés-souvidage » qui est accru lors des manipulations ;
- où la présentation est importante au regard de la clientèle.

#### UTILISATIONS

Au stade des échanges entre clients et fournisseurs (ou B to B), du gros et du demi-gros, la technique du sous-vide pour les morceaux PAD\* ou SP\* est la plus couramment utilisée pour les circuits du compensé\* et du catégoriel\* (cf. Sous-fiche 1.1.4. L'élevage bovin français et ses débouchés).

Pour la commercialisation des viandes aux consommateurs, le conditionnement sous vide se retrouve sous la forme d'UVCI\* et plus rarement d'UVCM\*, c'est-à-dire que le conditionnement est réalisé chez l'industriel ou, de façon plus

marginale, directement chez le distributeur (cf. Figure n° 2). En complément des pratiques des GMS, les clients des rayons traditionnels demandent régulièrement un conditionnement sous vide de leurs produits pour des raisons de souplesse et de praticité.



Figure n° 2 : Conditionnement sous-vide (de type « sous skin ») pour les consommateurs en distribution

#### Avantages

- Durée de conservation

Le sous-vide fait partie des conditionnements de longue durée. La durée de conservation des viandes ainsi présentées peut atteindre, selon les pratiques constatées pour une température comprise entre 0 °C et +2 °C, quatre à six semaines au stade de gros et deux à trois semaines au détail. En viande réfrigérée de très longue durée de conservation (45 voire 75 jours suivant les morceaux considérés d'après Picgirard, 2009) sont techniquement réalisables sous vide, en particulier grâce à la technique de « **superchilling** ». Cette technique consiste à réfrigérer les viandes conditionnées sous vide à la limite de leur point de congélation : -1 voire -2 °C. Des études rapportent des extensions de la durée de vie des produits de 1,4 à 4 fois plus importantes qu'en conditions de refroidissement conventionnel (Kaale et al., 2011).

- Qualité microbiologique

L'effet bénéfique du sous-vide sur la qualité microbiologique résulte de différentes actions :

- le peu d'O<sub>2</sub> restant, dit l'O<sub>2</sub> résiduel, dans un conditionnement sous vide est consommé par les bactéries aérobies jusqu'à son épuisement. Puis, les bactéries anaérobies strictes et facultatives, dont les bactéries lactiques, se développent et sont bénéfiques à la conservation de la viande. En « monopolisant » le substrat que représente la viande, ces dernières permettent d'inhiber les germes d'altération susceptibles de se développer en l'absence d'oxygène ;
- l'efficacité du conditionnement sous vide est aussi liée au CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone), qui remplace progressivement l'O<sub>2</sub>. Une fois le conditionnement fermé, les activités respiratoires tissulaires et microbiennes modifient l'atmosphère résiduelle au contact de la viande. Le développement des bactéries, levures et moisissures est alors stoppé dès que la teneur de CO<sub>2</sub> dépasse 10 % dans le conditionnement, grâce à l'action bactériostatique de celui-ci.

• Qualité organoleptique

Si le degré de sous-vide est suffisant, les phénomènes d'oxydation sont maîtrisés, ils limitent les altérations de couleur mais conférant une couleur sombre, caractéristique de l'absence d'O<sub>2</sub>.

• Pertes de masse réduites

En comparaison avec une conservation en carcasse, les pertes de masse des viandes sous vide sont réduites en raison de l'imperméabilité du conditionnement aux gaz. En effet, l'eau, qui s'évapore normalement sans conditionnement, est retenue par le film imperméable, limitant ainsi les pertes de poids. (Normand, 2016 et Hodge *et al.*, 1974).

• Maturation

Enfin, le conditionnement sous vide permet la poursuite de la maturation. Avec de bonnes conditions de conservation (hygiène initiale des viandes, température de réfrigération maîtrisées, etc.), la viande peut continuer le processus de maturation jusqu'à la DLC (date limite de consommation) et fournir ainsi plus de tendreté aux consommateurs. L'intensité du goût tend également à augmenter, mais dans une moindre mesure que pour la maturation sur os (Legrand, 2015).

**Inconvénients**

Un produit sous vide possède des caractéristiques de couleur et d'odeur spécifiques :

- couleur : la couleur d'une viande sous vide est très particulière et aisément reconnaissable : teinte sombre, rouge pourpre, due à un phénomène purement biochimique. Une fois remise à l'air la viande reprend en vingt minutes sa couleur rouge vif car le pigment se réoxygène. La couleur sombre de la viande dans le conditionnement ne doit pas être confondue avec les altérations de couleur brunâtre, pratiquement irréversibles, provenant de l'oxydation du pigment, qui rendent la viande progressivement non commercialisable (Cf. Fiche 3.2 Couleur de la viande) ;
- odeur : un produit conservé sous vide présente, juste à l'ouverture du conditionnement, une odeur acide, un peu piquante, très caractéristique. Cette odeur provient de l'activité de fermentation des bactéries lactiques, qui produisent de l'acide lactique à partir des sucres de la viande. L'odeur, très fugace, est le signe du bon fonctionnement du sous-vide.

**SOUS FILM ÉTIRABLE**



La technique du préemballé sous film étirable (ou perméable aux gaz) s'est développée à partir des années 1950 et est restée longtemps le conditionnement majoritaire. Une certaine variabilité existe sur les types de conditionnement utilisés en fonction des valorisations commerciales.

**PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT**

Ce conditionnement consiste à déposer la viande dans une barquette et à envelopper l'ensemble d'un film plastique perméable à l'air. La viande est exposée à l'air ambiant (composé de 78 % de N<sub>2</sub>, 21 % d'O<sub>2</sub> et 1 % d'autres gaz). La barquette en polystyrène expansé sous film étirable perméable à l'air est la version la plus couramment rencontrée. Dans d'autres pays

(nord de l'Europe), des barquettes en plastique transparent sont employées.

Le conditionnement sous film perméable est le moins onéreux des conditionnements ; il ne nécessite qu'un matériel léger et des consommables peu sophistiqués (cf. Figure n° 3).



Figure n° 3 : Le conditionnement sous film étirable est le plus rencontré

**UTILISATIONS**

La technique du sous film étirable se retrouve essentiellement en tant qu'UVCM\*, c'est-à-dire que le conditionnement est réalisé dans le point de vente.

**AVANTAGES**

Ce conditionnement a l'avantage d'être très bien perçu par le consommateur en raison de la couleur rouge vif de la viande (cf. Fiche 3.2 Couleur de la viande). Il joue un rôle de barrière protectrice contre les contaminations extérieures.

**INCONVÉNIENTS**

Le sous-film étirable est cependant le conditionnement dans lequel la viande s'altère le plus rapidement. La durée de conservation de la viande s'avère donc généralement assez courte, de deux à six jours environ (Legrand, 2015). L'amélioration de la qualité de la viande (tendreté, odeur, flaveur) est limitée par la faible durée de conservation dans ce type de conditionnement : l'essentiel de la maturation doit être réalisé avant ce stade.

**SOUS ATMOSPHÈRE MODIFIÉE OU PROTECTRICE**



Le principe de ce conditionnement consiste à modifier l'atmosphère au contact du produit. Un vide d'air plus ou moins poussé est d'abord réalisé, puis un gaz ou un mélange gazeux sont injectés. Enfin, l'enceinte est fermée par un film imperméable aux gaz qui est scellé (cf. Figure n° 4).

Selon la réglementation européenne, les gaz utilisés sont considérés comme des additifs alimentaires et nécessitent une mention lors de l'étiquetage « sous atmosphère protec-



Figure n° 4 : Le conditionnement sous atmosphère modifiée consiste en l'injection de gaz dans la barquette

trice »<sup>2</sup>. La composition gazeuse comprend du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de l'oxygène (O<sub>2</sub>) et de l'azote (N<sub>2</sub>), utilisés en mélange (cf. paragraphe *Le conditionnement sous atmosphère modifiée enrichie en oxygène*). Grâce à ses propriétés bactériostatiques et fongistatiques, le CO<sub>2</sub> est presque systématiquement employé (cf. paragraphe *Le conditionnement sous vide*). Quand il est utilisé, l'O<sub>2</sub> est toujours en concentration importante (au moins 55 %) pour donner au produit une couleur rouge vif attractive et relativement stable (cf. Fiche 3.2 *Couleur de la viande*). Le N<sub>2</sub> en mélange, enfin, se comporte comme un gaz neutre ; peu soluble dans les graisses et l'eau, contrairement au CO<sub>2</sub>, il sert de gaz de remplissage ou de soutien en empêchant l'écrasement du conditionnement par une protection mécanique.

En raison de leurs propriétés et leur utilisation dans des contextes très différents, on distingue les atmosphères modifiées avec présence ou en l'absence d'O<sub>2</sub>.

#### UTILISATIONS DES DEUX TYPES DE CONDITIONNEMENTS SOUS ATMOSPHÈRE PROTECTRICE

Ces conditionnements sont utilisés pour la vente de viande aux consommateurs, principalement tant qu'UVCI.

#### Le conditionnement sous atmosphère modifiée enrichie en oxygène

##### • Composition de l'atmosphère

Aucune composition optimale d'atmosphère enrichie en O<sub>2</sub> n'a pu être réellement identifiée ; néanmoins quelques règles sont à respecter :

- la proportion d'O<sub>2</sub> doit être assez élevée, de 55 % minimum (Jakobsen and Bertelsen, 2000), pour maintenir la couleur rouge vif recherchée pendant plusieurs jours. L'objectif est de développer, à la surface de la viande, une couche épaisse de tissu musculaire complètement oxygénée ;
- compte tenu de la proportion importante en O<sub>2</sub>, la place restante pour le CO<sub>2</sub> est limitée et est généralement comprise entre 20 et 30 %. L'action bactériostatique est alors maintenue. Des teneurs plus importantes de CO<sub>2</sub> pourraient être préjudiciables du fait d'un possible grisonnement du produit

au-delà de 25 % et par une rétractation du conditionnement par dissolution du CO<sub>2</sub> dans l'eau et le gras au-delà de 40 % (Legrand, 2015).

Dans les années 1990, le mélange habituellement utilisé pour la viande bovine combinait 66 % d'O<sub>2</sub>, 25 % de CO<sub>2</sub> et 9 % de N<sub>2</sub>. Aujourd'hui, l'atmosphère préférentiellement utilisée est un mélange à 70 % d'O<sub>2</sub> et 30 % de CO<sub>2</sub>.

##### • Avantages

Les durées de vie atteintes par ce type de conditionnement sont de l'ordre de quatre à douze jours. L'enrichissement en oxygène du conditionnement permet également de maintenir la couleur rouge vif de la viande (cf. Fiche 3.2 *Couleur de la viande*).

##### • Inconvénients

Certains travaux ont montré que les fortes teneurs en O<sub>2</sub> affectaient négativement la tendreté et la saveur par des mécanismes d'oxydation des protéines musculaires et de formation de nouvelles liaisons entre elles. Des goûts anormaux s'étaient également développés (Rowe et al., 2004, Aaslyng and Madsen, 2008).

Afin de tenir compte des perceptions en bouche, des travaux français ont été menés récemment, pour des teneurs en O<sub>2</sub> de 40 à 70 % et pour une DLC de douze jours, et n'ont pas montré d'écart majeur sur les performances microbiologiques, technologiques et sensorielles. Il semble ainsi possible de réduire légèrement la teneur en O<sub>2</sub> par rapport aux pratiques habituelles afin de limiter les phénomènes oxydatifs. Ainsi une teneur de 55 % serait apparemment acceptable (Legrand et al., 2015).

#### Le conditionnement sous atmosphère modifiée exempte d'oxygène

Ce type de conditionnement présente une atmosphère qui peut être constituée de gaz carbonique pur ou d'un mélange gaz carbonique-azote.

##### • Avantages

Son principe de fonctionnement, proche de celui du sous-vide, repose sur l'absence d'O<sub>2</sub> et reprend donc les mêmes avantages que ce type de conditionnement (cf. paragraphe *Sous vide*).

##### • Inconvénients

Ce conditionnement présente néanmoins des inconvénients d'ordre pratique. Il requiert une technique parfaitement maîtrisée, sous peine de réduction des performances de conservation et il est encombrant en comparaison avec le sous-vide, posant des problèmes de stockage. Il reste donc peu utilisé dans les filières viande françaises.

#### PAPIER BOUCHER ALIMENTAIRE



Les morceaux de viande piécés par les bouchers sont emballés dans un matériau reconnu propre au contact des aliments, habituellement dénommé « papier boucher » par la filière (cf. Figure n° 5). Différents types de papier alimentaire utilisés

2. Règlement (UE) N° 1169/2011 du Parlement européen et du Conseil du 25 octobre 2011





Figure n° 5 : Le conditionnement papier boucher retient les exsudats de la viande

pour les produits carnés existent, tels que le papier paraffiné, qui présente l'avantage d'être recyclable et compostable, le papier thermoscellable, qui permet la pratique du thermoscellage assurant l'étanchéité, ou encore le papier duplex, fabriqué à partir de cellulose.

#### AVANTAGES

Le papier boucher protège le produit durant le transport et retient les liquides et les graisses. Il est également facile d'utilisation pour les artisans bouchers.

#### INCONVÉNIENT

Ce conditionnement présente néanmoins une durée de conservation faible, il est couramment admis par la profession seulement deux à trois jours de conservation.

### CONDITIONNEMENT DES ABATS

Les abats correspondent à la partie comestible du V<sup>e</sup> quartier de la carcasse. Ils sont retirés de la carcasse lors de la première transformation (cf. Sous-fiche 1.1.1. De l'animal vivant à la viande). Les abats rouges (poumon, cœur, foie, langue...) sont distingués des abats blancs (panse, pieds). Pour être consommés, ces derniers doivent être échaudés (lavés à l'eau chaude) et blanchis (immérgés dans l'eau froide qui est ensuite portée à ébullition), ce qui explique leurs distinctions.

Les abats, ou produits tripiers, ont une plus faible stabilité microbiologique et nécessitent donc un conditionnement adapté : sous vide ou sous film étirable<sup>3</sup>. Comparativement au conditionnement sous étirable, le conditionnement sous atmosphère modifiée pourrait permettre une meilleure conservation des produits tripiers (foie de veau, rognons et ris de veau). Une atmosphère composée à 100 % de CO<sub>2</sub> semblerait la plus adaptée, bien que ce résultat n'ait pas pu être confirmé par des tests organoleptiques (Coppet et Christeans, 2006).

3. Spécification technique n° B1-17-05 du 8 décembre 2005 applicable aux abats de boucherie.

4. Règlement CE n° 450/2009 de la Commission européenne du 29 mai 2009 concernant les matériaux et objets actifs et intelligents destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires.

5. Règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale.

### DES EMBALLAGES INNOVANTS ENCORE AU STADE DE LA RECHERCHE<sup>4</sup>

L'emballage constitue une seconde enveloppe sans contact avec le produit et se distingue du conditionnement. Différents types d'emballages innovants ont été étudiés ou bien sont en cours d'étude.

#### LES EMBALLAGES INTELLIGENTS

Les matériaux et objets intelligents destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaire « contrôlent l'état des denrées alimentaires emballées ou l'environnement des denrées emballées » d'après le règlement CE n°450/2009. Ils ont un rôle de suivi et d'alerte pour le transformateur, le distributeur et/ou le consommateur. Ils mesurent, captent et suivent l'évolution du produit et de son environnement. Des informations sur la qualité du produit durant les étapes du transport, du stockage, jusqu'à la consommation sont ainsi apportées. Ce sont par exemple les indicateurs temps/température (cf. Figure n° 6), les indicateurs gazeux, ou encore les indicateurs de présence de flore d'altération et/ou pathogènes (indicateurs de fraîcheur et biocapteurs).



Figure n° 6 : Exemple d'un indicateur temps/température : le Fresh-Check de Temptime (source : Malgoire et al., 2020)

#### LES EMBALLAGES ACTIFS

Les matériaux et objets actifs sont « destinés à prolonger la durée de conservation ou à maintenir ou améliorer l'état de denrées alimentaires emballées ; ils sont conçus de façon à comprendre délibérément des constituants qui libèrent ou absorbent des substances dans les denrées alimentaires emballées ou dans l'environnement des denrées alimentaires » d'après le règlement CE n° 450/2009. Ils modifient les conditions de conservation du produit afin d'en maintenir et/ou étendre la durée de vie, ou d'en améliorer les qualités hygiéniques et/ou sensorielles. Des composés spécifiques sont incorporés à l'emballage et interagissent avec la viande et/ou son environnement en absorbant ou en libérant certaines substances. Réglementairement, selon les cas, l'utilisation de ces types d'emballages peut entraîner un changement de la catégorie des viandes, passant de « viandes fraîches » à « préparation à base de viandes »<sup>5</sup>.

Ces emballages peuvent être des absorbeurs d'humidité (exsudats par exemple), émetteurs de CO<sub>2</sub>, antimicrobiens (à base d'huiles essentielles, d'épices, de bactériocines, d'enzymes,

d'ions d'argent ou autres additifs), des absorbeurs d'O<sub>2</sub>, des absorbeurs d'odeur, des antioxydants, etc. (cf. Figure n° 7).

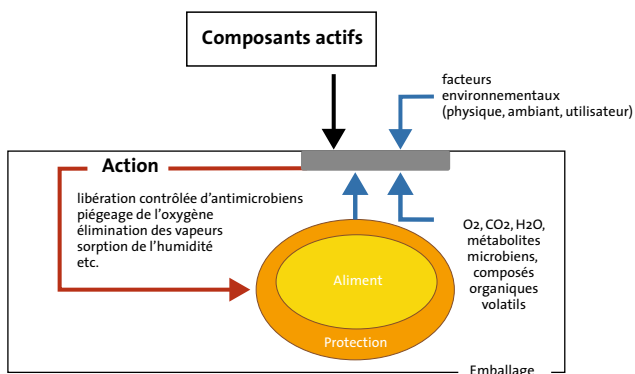


Figure n° 7 : Mode de fonctionnement d'un emballage actif (d'après Malgoire *et al.*, 2020, adapté de Mihindukulasuriya et Lim, 2014)

Concernant l'étiquetage, des contraintes réglementaires imposent l'inscription sur une liste positive de la ou des substances responsables de la fonction active et/ou intelligente du matériau d'emballage, après une évaluation de sécurité de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA).

Des études sur les emballages innovants sont encore à mener afin d'optimiser l'ensemble de ces technologies pour les produits carnés.

### LE SAVIEZ-VOUS ?

Afin d'assurer les qualités sanitaires et organoleptiques des viandes, l'utilisation du plastique est presque systématique pour les conditionnements et emballages. Les produits carnés utilisent au total 28 640 tonnes de plastique dans les emballages ménagers, industriels et commerciaux (hors logistique) en France (Annexes Stratégie 3R - fiche sectorielle, 2022<sup>6</sup>). La loi sur le climat et la résilience (loi AGECL) vise à transformer notre économie linéaire (produire, consommer, jeter) en une économie circulaire et l'un de ses axes stratégiques porte sur la sortie du plastique jetable. D'ici 2040, la loi vise la fin du plastique à usage unique, et d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2025, 100 % du plastique devront être recyclés. Différentes solutions alternatives sont à l'étude au niveau de la filière, dont la mise en place de filières de recyclage.

### Pour aller plus loin :

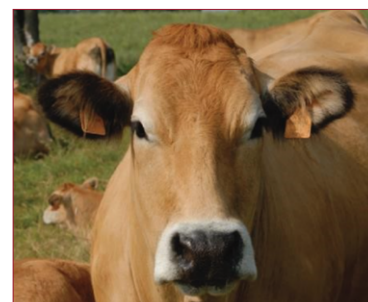
- Aaslyng M.D., Madsen N.T. Consumer preferences for retail packaged beef steaks with or without oxygen – A Danish in home cooking study. 2008. 54th ICoMST, Afrique du Sud, session 9.9.
- Coppet V., Christieans S. Optimisation du conditionnement des abats. 2006. ADIV, VPC vol 25 (5).
- Rosa M.D. Sustainable Meat Production and Processing : Packaging Sustainability in the Meat Industry. Chapitre 9. 2019.
- Malgoire A., Santé-Lhoutillier V., Astruc T., Ellies-Oury MP. Etat des lieux des emballages innovants en viande bovine. 2020.VPC-2020-36-4-6.
- Rowe L.J., Maddock K.R., Lonergan S.M., Huff-Lonergan E. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of  $\mu$ -calpain. 2004. *J. Anim. Sci.*, 82, 3254-3266.
- Kaale L.D., Eikevik T.M., Rustad T., Kolsaker K. Superchilling of food : a review. *Journal of Food Engineering*. 107. p141-146.

6. Disponible sur <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Annexes%20-%20Strat%C3%A9gie%203R%20.pdf>

## 4. L'ÉLEVAGE BOVIN FRANÇAIS ET SES DÉBOUCHÉS

En 2020, la production bovine (bœuf et veau) française se place au premier rang européen avec 23 % du cheptel total européen, devant l'Allemagne et l'Italie.

Le cheptel français, constitué de différentes catégories d'animaux (vaches, taureaux, jeunes bovins, etc.) issues de nombreuses races et leurs croisements (Prim'Holstein, Charolaise, Limousine, etc.), est très varié, à l'image des modes d'élevage et des circuits de commercialisation rencontrés.



**Avertissement aux lecteurs :** les chiffres économiques communiqués dans cette fiche datent de 2019-2020. Compte tenu de leur nature, ils sont en constante évolution, il convient donc de se référer aux documents plus récemment publiés (voir les références bibliographiques).

### LA PRODUCTION BOVINE FRANÇAISE

Le cheptel bovin français dénombre, en 2020, 17,7 millions de têtes (SPIE-BDNI, Idele, 2021). Il présente une diversité de races bovines répondant à des objectifs de production différents.

#### LES RACES BOVINES

On dénombre en France plus de quarante races bovines, regroupées en trois grandes familles selon la production pour laquelle elles sont élevées et sélectionnées :

- les races laitières, pour la production de lait ;
- les races à viande ou allaitantes, pour la production de veaux sevrés et donc de viande ;
- les races mixtes, pour la production de lait et de viande.

#### Les élevages laitiers

Les élevages laitiers possèdent des animaux de races laitières (Prim'Holstein) et/ou des races mixtes (Normande, Montbéliarde, l'Abondance ou encore la Brune). Historiquement, ces races mixtes étaient sélectionnées sur une double aptitude lait et viande, d'où le qualificatif de mixte. Aujourd'hui, la sélection de ces races est davantage orientée vers la production laitière, avec des performances de production à peine inférieures à celles des races laitières spécialisées. Ces races ont cependant conservé une certaine aptitude à la production de viande, mais on observe une diminution de leur part dans les troupeaux laitiers.

#### Organisation du système d'élevage laitier

La sélection des vaches laitières repose en première intention sur la production laitière. Une vache laitière produit en moyenne environ 6 900 litres de lait par an par lactation (GEB, Idele, 2021). Afin de produire du lait, la vache laitière doit vêler et produit donc un veau par an environ.

Le veau a plusieurs débouchés. Une partie des veaux reste dans l'exploitation, les jeunes femelles<sup>1</sup> sont conservées pour assurer le renouvellement du troupeau et les jeunes mâles

sont élevés pour produire des jeunes bovins ou des bœufs laitiers. L'autre partie des veaux est consommée en tant que veau de boucherie. Ceux-ci peuvent d'ailleurs être issus de croisements, avec des races à viande, telles que la Bleu Blanc Belge ou encore la Charolaise (cf. paragraphe *Devenir des veaux*). Enfin, une très faible part des veaux mâles est élevée pour la reproduction.

Bien qu'elles ne soient pas élevées dans cet objectif, les vaches laitières dont la carrière est terminée (en moyenne au bout de deux à trois lactations (Idele, 2020)) représentent une part non négligeable de la production française de viande. Ainsi, près de la moitié de la viande consommée en France provient du troupeau laitier, essentiellement composée des vaches de réforme ajoutées aux jeunes bovins et bœufs laitiers. Les vaches laitières représentaient, en 2020, 20,2 % du cheptel national bovin (SPIE-BDNI, Idele, 2021).

#### Les élevages allaitants

Les races allaitantes, par exemple la Charolaise, la Limousine, la Blonde d'Aquitaine ou la Rouge des Prés, sont sélectionnées sur leur aptitude à produire de la viande. Leur potentiel laitier, évidemment beaucoup plus modeste qu'en races laitières, n'est destiné qu'à la croissance du veau pendant les premiers mois de sa vie. Une vache allaitante produit également chaque année environ un veau en vue du renouvellement du troupeau ou de la production de viande (veaux, jeunes bovins, bœufs, génisses ou vaches de race à viande). Les vaches sont gardées six à sept années en moyenne. Les animaux de race allaitante sont généralement moins précoces\* et possèdent un poids de carcasse supérieur à ceux du cheptel laitier (416 kg en moyenne pour une vache allaitante contre 315 kg pour une vache laitière en 2019, d'après le GEB, Idele).

Parmi les races allaitantes, sont distinguées les races rustiques, comme l'Aubrac, la Salers ou la Gasconne. Ces races, longtemps sélectionnées sur leur aptitude au travail ou sur leur production laitière en milieu difficile (altitude, froid), per-

1. Le veau femelle non sevré peut être dénommé la velle.

(Chiffres 2020 - Sources : GEB - Institut de l'Élevage d'après SPIE - BDNI)

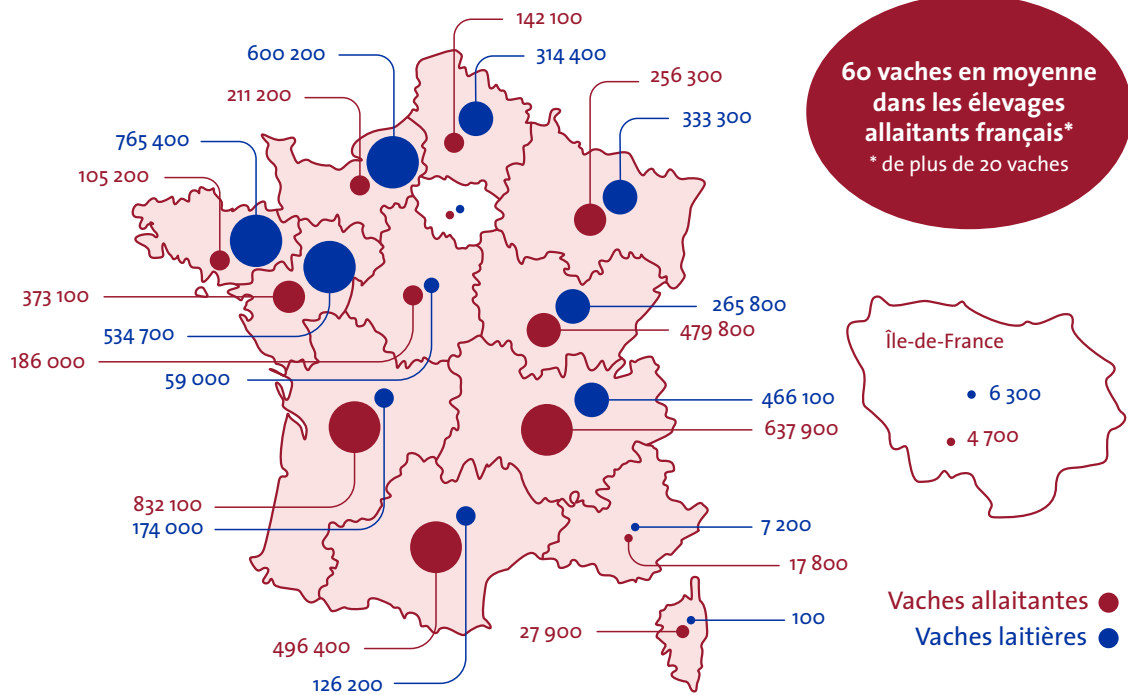


Figure n° 1: Répartition géographique des vaches allaitantes et laitières en France (Interbev – 2021)

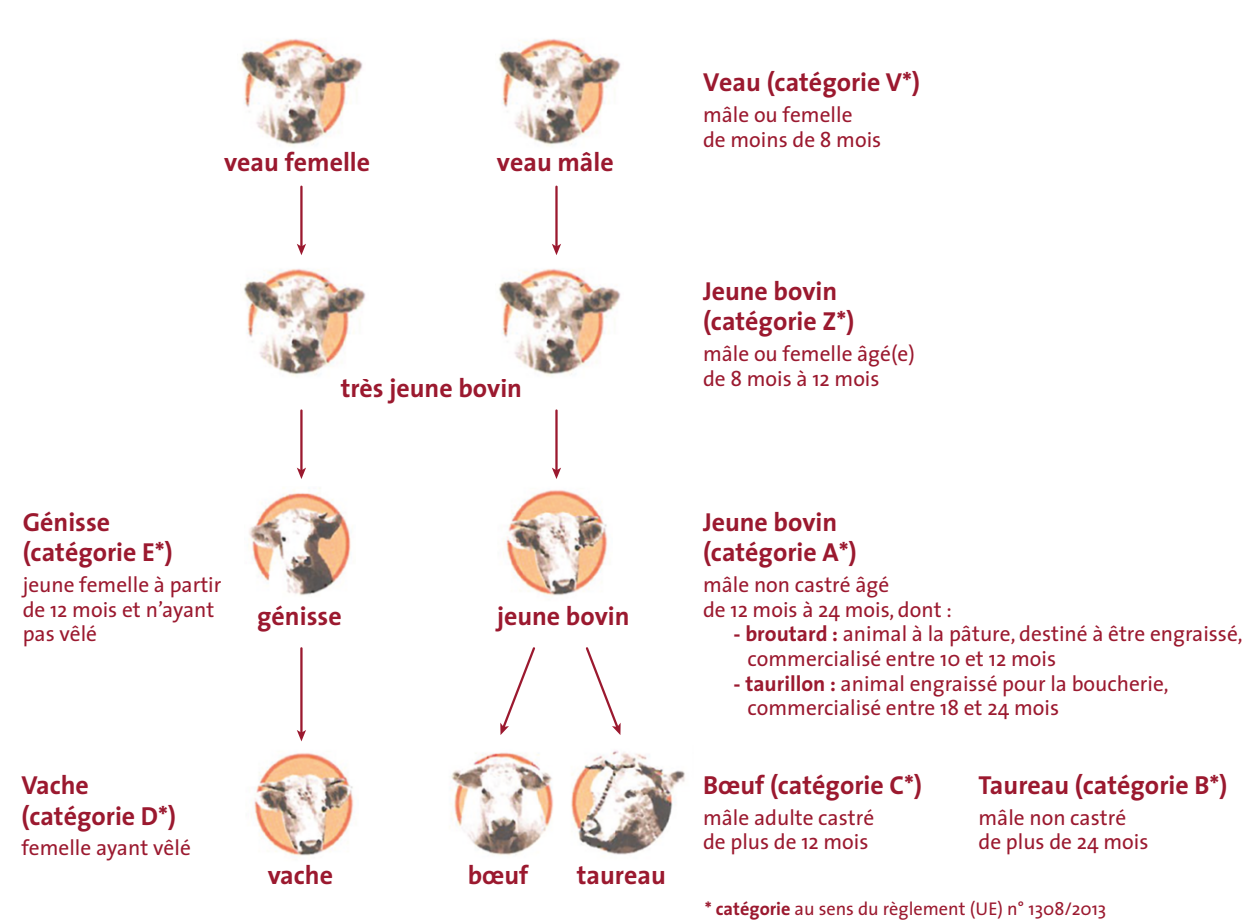


Figure n° 2 : Les différentes catégories de bovins (règlement (UE) n° 1308/2013)

mettent de produire des veaux et de la viande dans un environnement plus pauvre en ressources. Réglementairement<sup>2</sup>, les animaux croisés dont au moins l'un des parents est de race allaitante sont également considérés comme race à viande. En 2020, la France comptait environ 3,75 millions de vaches allaitantes, soit 21,2 % du cheptel national bovin. Elle se trouve au premier rang européen avec 37 % du cheptel de vaches allaitantes (SPIE-BDNI, Idele, 2021).

### État des lieux des élevages français

Parmi les 138 100 éleveurs détenteurs d'au moins une vache en 2020, 78 800 possédaient plus de cinq vaches allaitantes et 56 700 plus de cinq vaches laitières (SPIE-BDNI, Idele, 2021). En moyenne, une exploitation française détient 60 vaches en 2019. Le nombre total de bovins est passé de 20 507 000 têtes en 1995 à 18 135 000 têtes en 2020 (GEB, Idele, 2020).

### Répartition géographique des vaches allaitantes et laitières

Le Grand Ouest (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire) concentre la majorité du troupeau laitier français tandis que les troupeaux allaitants sont surtout présents en Nouvelle-Aquitaine, Occitanie et Auvergne-Rhône-Alpes dans les berceaux d'origine (cf. Figure n° 1).

### LES DIFFÉRENTES CATÉGORIES DE BOVINS

Qu'elle soit issue de races allaitantes ou de races laitières, la viande bovine produite en France provient de différentes catégories d'animaux<sup>3</sup>, mâles ou femelles, plus ou moins âgés (cf. Figure n° 2). Les jeunes bovins (mâles et femelles) de moins d'un an représentent 28,9 % du cheptel bovin français tandis que les bœufs et taureaux ne représentent que 2,1 % du cheptel (cf. Figure n° 3).

L'âge moyen à l'abattage de ces catégories d'animaux est variable :

- vers 6 mois pour le veau ;
- entre 15 et 20 mois pour le jeune bovin ou taurillon ;
- entre 2 et 3 ans pour le bœuf ;
- à un âge très variable pour la vache, de 5 à 10 ans le plus souvent ;
- autour de 36 mois pour la génisse.

## L'ÉLEVAGE ALLAITANT : SYSTÈMES ET DEVENIR DES ANIMAUX

### LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ÉLEVAGE ALLAITANTS SPÉCIALISÉS EN FRANCE

La France comptait en 2020 environ 55 060 éleveurs allaitants dits spécialisés avec plus de vingt vaches allaitantes. Les principaux systèmes d'élevage rencontrés sont (SPIE-BDNI, Idele, 2021) :

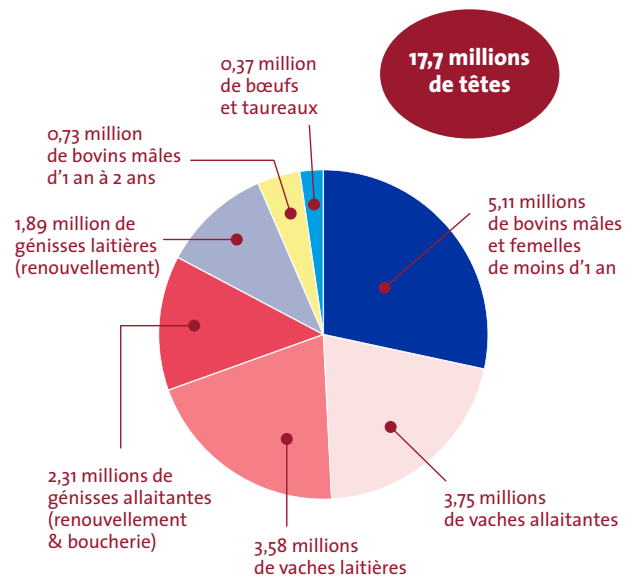
- les éleveurs naisseurs spécialisés (environ 60 % des éleveurs allaitants), dont le principal atelier est la reproduction des vaches, et qui n'engraissent pas la totalité des veaux nés (vente des femelles hors renouvellement et des mâles pour l'engraissement) ;
- les éleveurs naisseurs-engraisseurs faisant à la fois naître les veaux et assurant leur engraissement (environ 14 %) ;

- les éleveurs engraisseurs spécialisés (environ 9 %), destinataires des veaux vendus par les éleveurs naisseurs et assurant leur engraissement pour produire de la viande bovine ;
- les éleveurs de veaux lourds (environ 7 %) ;
- et les autres élevages (environ 11 %).

### DEVENIR DES VEaux ALLAITANTS ET LAITIERS

La destination des veaux nés en France diffère selon leur origine allaitante (environ 3,6 millions en 2019) ou laitière (environ 3,5 millions nés en 2019) (GEB, Idele, 2021).

La majorité des veaux femelles est destinée à la reproduction (cf. Figure n° 4). Suivant l'origine laitière ou allaitante de la femelle, on trouve ensuite en proportion différente des



(Chiffres 2020 - Sources : GEB - Institut de l'Élevage d'après SPIE - BDNI, Eurostat et USDA)

Figure n° 3 : Types de bovins du cheptel français (Interbev 2021)

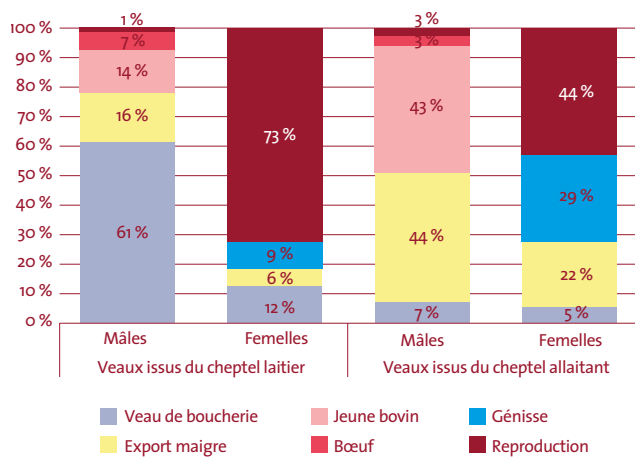


Figure n° 4 : Destination des veaux en 2019 (Chiffres-clés GEB 2021, estimations sur 2019)

2. Arrêté du 19 décembre 2012 fixant les exigences et recommandations en matière de certification de conformité de la viande bovine.

3. Les catégories peuvent avoir des noms différents suivant les pays européens.

génisses de boucherie, des animaux maigres exportés, c'est-à-dire non engraisés (vers l'Italie et l'Espagne essentiellement), et des veaux de boucherie.

En ce qui concerne les veaux mâles, les différences entre origine allaitante et laitière sont encore plus marquées. Une grande partie des veaux allaitants nés est destinée à la catégorie « jeune bovin » et à l'export d'animaux maigres, tandis que les veaux mâles laitiers sont en majorité destinés à la production de veaux de boucherie. La destination « veaux de boucherie » capte près des deux tiers des veaux laitiers. Enfin, les jeunes mâles destinés à la reproduction sont très peu nombreux (2 à 3 %).

## LES CIRCUITS DE COMMERCIALISATION ET DÉBOUCHÉS DE LA VIANDE

### ÉLEVAGE ET PRODUCTION DE VIANDE EN FRANCE

*Préambule : Il est courant de retrouver la consommation de viande exprimée en téc (tonne équivalent carcasse), correspondant au poids de la carcasse avant désossage. Cette unité est largement utilisée en raison de sa facilité d'accès et permet d'uniformiser les valeurs des quantités produites pour les comparer.*

La consommation exprimée en téc est dite apparente. Elle est calculée par « bilan » à partir des abattages, augmentés des importations et diminués des exportations. Les quantités sont donc surestimées en valeur absolue mais elles présentent l'intérêt de pouvoir être comparées au fil des ans et entre les pays.

Dans l'assiette du consommateur en réalité, se retrouve un morceau désossé, paré et épluché. Il existe un premier niveau de perte de poids, dit rendement en viande (d'environ 70 %), entre les valeurs données en téc et ce que le consommateur consomme réellement. Un second niveau de perte de poids, dit rendement cuisson (environ 25 % pour un rôti cuit à point par exemple), survient lors de la cuisson entre le morceau cru et le morceau cuit. Il correspond à la perte en eau.

La production française de gros bovins finis (hors veaux), de l'ordre de 1,28 million de téc (tonne équivalent carcasse) en 2020 (cf. Figure n° 5), concerne en majorité des animaux issus des élevages allaitants et notamment des femelles.

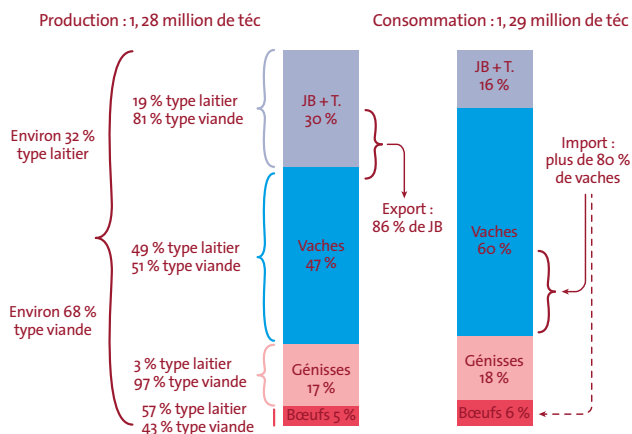


Figure n° 5 : Viande produite destinée à la consommation en France en 2020 (Chiffres-clés GEB 2021)

En tonne équivalent carcasse, la consommation française apparente de viande bovine est supérieure à la production française et atteint jusqu'à 1,29 million de téc (cf. paragraphe ci-dessus). Plus des trois quarts de la viande consommée sont issus de femelles (vaches ou génisses), le bœuf ne représentant que 7 % de la viande totale consommée.

Une part de la production française est exportée : bien qu'en diminution, la majorité des exportations en vif concerne la catégorie jeune bovin (cf. Figure n° 6). Les exportations de viande concernent en majorité de la viande réfrigérée.

	2010	2017	2018	2019	2020
<b>Importations de viande bovine (1 000 téc)</b>	<b>400</b>	<b>317</b>	<b>326</b>	<b>332</b>	<b>277</b>
- dont viande réfrigérée	292	201	202	211	169
- dont viande congelée	86	97	101	96	84
- dont viande transformée	22	19	23	25	24
<b>Exportations de viande bovine (1 000 téc)</b>	<b>288</b>	<b>242</b>	<b>244</b>	<b>231</b>	<b>224</b>
- dont viande réfrigérée	248	195	201	192	181
- dont viande congelée	27	24	22	19	20
- dont viande transformée	13	23	21	20	23
<b>Exportations en vif de gros bovins finis (1 000 têtes)</b>	<b>134</b>	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>37</b>
- dont taurillons	104	35	29	29	26

Figure n° 6 : Principaux imports et exports français de viande bovine et de bovins finis (Chiffres-clés GEB 2021). En raison des arrondis, les sommes des colonnes peuvent être légèrement différentes des totaux indiqués

La consommation nationale de viande bovine s'érode lentement d'année en année, en volume global (1,496 million de téc en 2020 contre 1,67 million en 2005, veau compris) ou en consommation apparente estimée par habitant à partir des données en équivalent carcasse (23,8 kg/habitant en 2020 contre 26,6 kg/habitant en 2005, veau compris), parallèlement à la diminution de la production (3,336 millions de têtes en 2020 contre 3,632 millions en 2005, hors veau).

### LES PRINCIPAUX TYPES DE CIRCUITS DE COMMERCIALISATION

*Préambule : Le terme viande hachée est employé dans cette fiche pour désigner les steaks hachés, les hachés cuisinés, etc.*

On peut distinguer quatre principaux types de circuits de commercialisation pour les carcasses de bovins : la cheville, le reconstitué, le catégoriel et le haché (cf. Figure n° 7). La commercialisation des viandes piécées, issues des circuits catégoriel et reconstitué, connaît une tendance à la diminution contrairement au circuit du haché qui se développe (GEB, Idele, 2019).

Le poids des carcasses est un élément déterminant de leur orientation dans un circuit donné, mais d'autres critères rentrent également en compte tels que la conformation et l'état d'engraissement. Des carcasses équivalentes peuvent finalement intégrer plusieurs circuits différents.

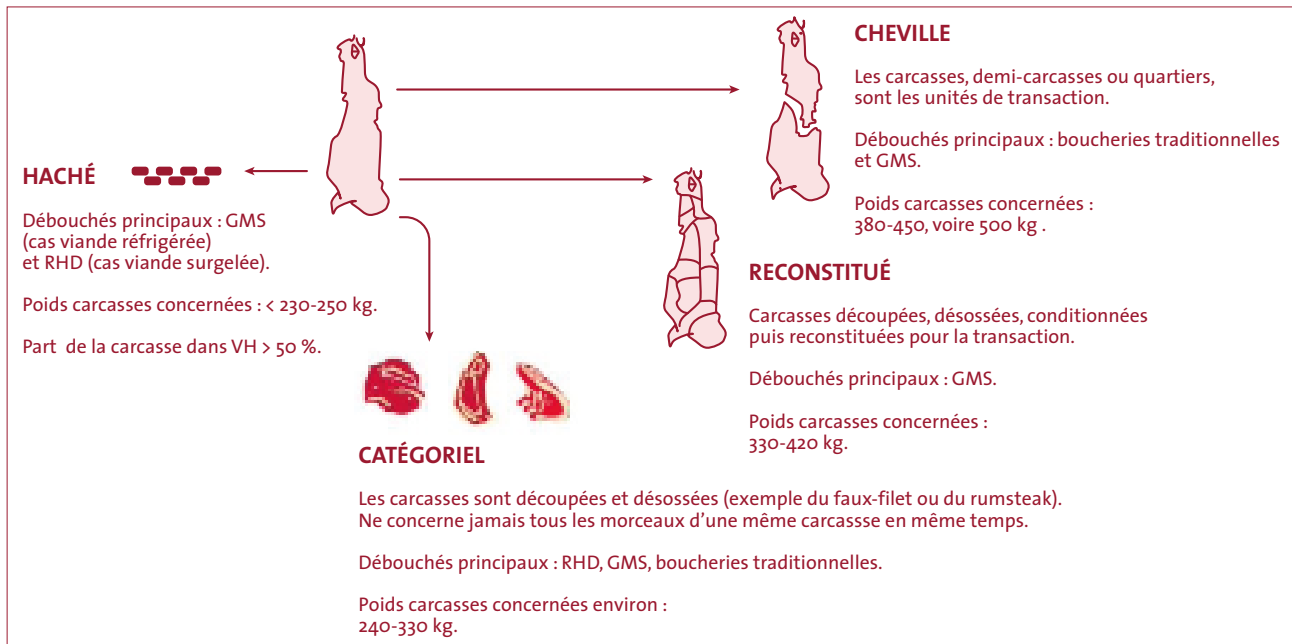


Figure n° 7 : Les quatre circuits commerciaux des viandes bovines (NB : Les poids des carcasses sont donnés à titre indicatif et ne constituent pas le seul critère de choix pour l'orientation des carcasses dans les circuits de commercialisation).

En réalité, une carcasse est rarement orientée vers un circuit donné dans sa globalité. Par exemple, une demi-carcasse peut être traitée en reconstitué, tandis que l'autre demi-carcasse sera destinée à la cheville. Certains muscles seront hachés et d'autres écoulés en catégoriel. La voie de commercialisation d'une carcasse est donc très variable et peut concerner plusieurs circuits.

### LES DÉBOUCHÉS DE LA VIANDE BOVINE

#### Les grands types de débouchés de la viande bovine

On distingue classiquement cinq grands types de débouchés pour la viande : GMS, boucherie traditionnelle, RHD\*, transformation (plats préparés) et export.

Pour les bovins abattus en France, les GMS sont le principal débouché, représentant plus de la moitié des volumes commercialisés. L'export et la boucherie traditionnelle sont les débouchés suivants en termes de volumes, loin devant la RHD (cf. Figure n° 8). Concernant les viandes importées, les circuits sont très différents : la RHD absorbe près des deux tiers des volumes, alors que les GMS ne représentent qu'un tiers des débouchés et que la boucherie traditionnelle en valorise moins de 10 %.

#### Les grandes et moyennes surfaces (GMS)

Les animaux issus du troupeau allaitant (femelles et bœufs) représentent plus de la moitié des volumes de ces viandes destinées essentiellement à être vendues piécées dans les GMS. Afin de répondre aux achats variables des consommateurs, les distributeurs privilégient l'approvisionnement en catégoriel, plus onéreux, mais qui permet plus de souplesse. La gestion de l'équilibre matière des carcasses repose ainsi sur les entreprises de viande qui constituent le milieu de filière.

La viande piécée réfrigérée vendue en magasin est en grande partie issue des quartiers arrière des animaux. La vente de haché frais et surgelé, plutôt issu des quartiers avant, per-

met de rétablir l'équilibre matière dans l'approvisionnement. Cette dernière est en progression ces dernières années, passant de 37 % des achats des ménages en 2008 à 45 % en 2017. Le haché est principalement constitué de viande de femelles laitières (morceaux avant) d'origine française, mais la demande est telle que les avants des autres catégories de bovins peuvent être valorisés également en viande hachée.

Par ailleurs, les attentes des consommateurs sur la qualité intrinsèque des produits (qualité organoleptique) et extrinsèque (environnement, bien-être animal...) se multiplient et font le succès des viandes sous signes officiels de qualité (SIQO), dont les volumes en GMS ont largement progressé.

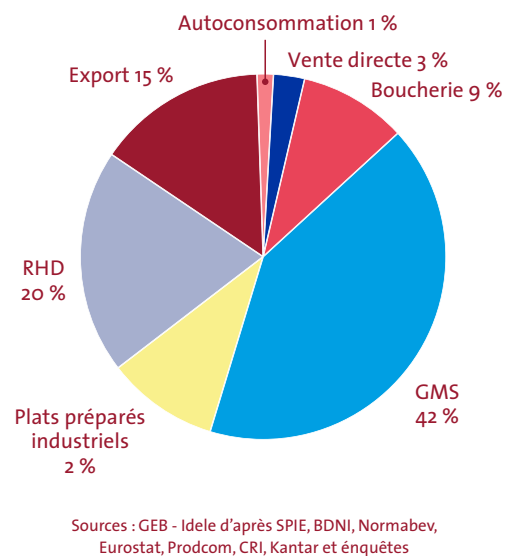


Figure n° 8 : Débouchés de la viande bovine française importée et commercialisée en 2017 (estimations GEB - Idele, 2019)

L'achat de viande bovine en ligne sur les sites internet des GMS, ou également dit « en drive », représentait 2,4 % en 2019 (estimation GEB) avec une légère croissance (+0,3 % par rapport à 2018). Mais ce commerce en ligne reste limité pour la filière en raison de la difficulté de standardisation des poids des viandes piécées.

### La RHD

Le secteur de la RHD regroupe deux segments très différents (SPIE-BDNI, Idele, 2019) :

- la restauration collective (établissements d'enseignement et de santé, entreprises, prisons, etc.), représentant environ 29 % des volumes de viande bovine en RHD en 2017 ;
- la restauration commerciale pour 79 % des volumes restants, regroupant des secteurs de profil très divers :
  - la restauration rapide (environ 37 % des volumes en 2017) ;
  - la restauration avec service à table (restauration traditionnelle et cafétérias) qui diminue au profit de la restauration rapide (environ 33 % des volumes en 2017) ;
  - les circuits alternatifs (boulangeries par exemple), minoritaires en volume.

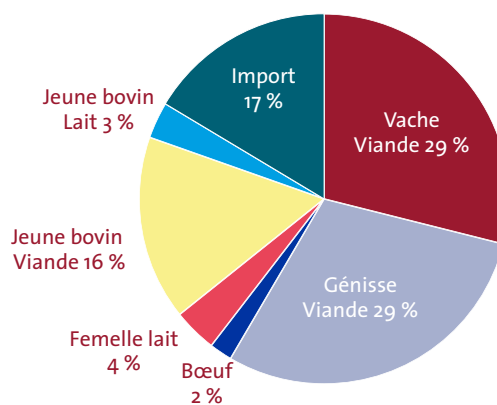
La viande commercialisée dans le secteur de la RHD connaît une progression, notamment par la hausse des volumes de viande hachée (GEB, Idele, 2019). En parallèle, la commercialisation de viande piécée diminue et reste très majoritairement d'origine étrangère.

Ces dynamiques se vérifient dans les différents secteurs de la RHD, bien qu'ils restent très hétérogènes (GEB, Idele, 2019). La restauration rapide utilise une quantité importante de viande française, notamment à travers les burgers. C'est même encore davantage le cas de ceux servis dans la restauration classique, majoritairement élaborés à partir de viande réfrigérée pour laquelle l'origine France est privilégiée.

### La boucherie traditionnelle

Ce secteur se démarque par des approvisionnements sur mesure pour chaque point de vente, selon leur proximité avec les régions d'élevage, leur clientèle, leur mode de découpe et leur niveau d'élaboration. La boucherie traditionnelle écoule essentiellement de la viande issue du cheptel allaitant, dont plus de la moitié est constituée de femelles (cf. Figure n° 9). La part de jeunes bovins mâles n'est cependant pas négligeable, notamment à travers les circuits rituels.

De façon globale, les importations des boucheries en viandes bovines représentent un sixième des volumes commercialisés. On retrouve ces produits à la fois dans les boucheries entrée de gamme et dans les circuits haut de gamme, valorisant l'image de certaines races produites à l'étranger (Simmental, Angus, Piémontaise...).



Sources : GEB - Idele d'après SPIE, BDNI, Normabev, Eurostat, Prodcum, CRI, Kantar et enquêtes

Figure n° 9 : Approvisionnement des boucheries traditionnelles en viande bovine en 2017 (estimations GEB – Idele, 2019)

Par ailleurs, comme ailleurs dans la distribution, les ventes de viande hachée et élaborée ont progressé.

### L'export

En 2020, la France a exporté 201.000 téc de viande bovine. L'Italie reste le premier marché de la viande française avec 31 % des volumes exportés, suivie de près par l'Allemagne (23 % des volumes exportés) et la Grèce (20 %) (GEB, Idele, 2021).

La grande majorité de la viande exportée est issue de jeunes bovins, qui sont mieux valorisés à l'export que sur le marché français, moins friand de leur viande maigre et claire. Plus des deux tiers des volumes exportés sont constitués de carcasses, quartiers ou muscles de jeunes bovins de race à viande et un peu de jeunes bovins laitiers. Les quartiers avant des jeunes bovins sont majoritairement valorisés sur les marchés grec ou allemand, les quartiers arrière sur le marché italien et le désossé sur le marché allemand.

### Pour en savoir plus :

- Dossier viande bovine française « Où va le bœuf », Idele, Interbev, CNE (novembre 2019)
- Dossier viande bovine française « Où va le bœuf », Idele, Interbev, CNE (octobre 2015)
- Dossier viande bovine française « Où va le JB », Idele, Interbev, CNE (octobre 2015)
- Les chiffres-clés du GEB bovins 2021, productions lait et viande, Idele, CNE
- L'essentiel de la filière bovine française 2021, Interbev
- Les résultats du contrôle laitier de 2020, Idele, France Contrôle Laitier et CNBL
- <https://www.interbev.fr/interbev/chiffres-cles/>



# 2

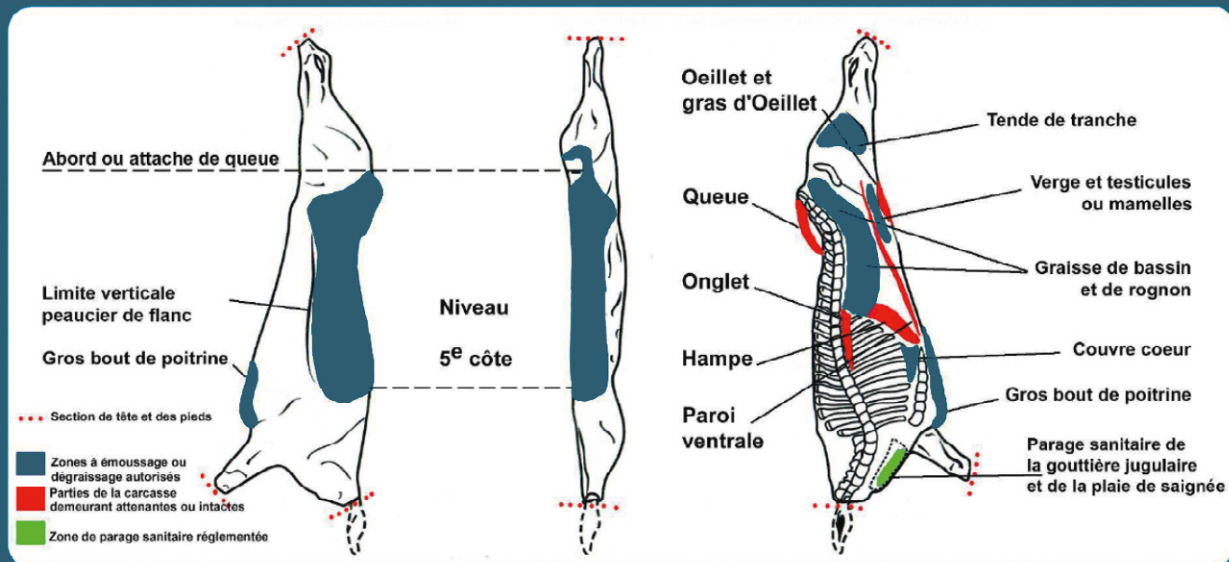
## CARACTÉRISTIQUES DES CARCASSES

Présentation, pesée, classement et marquage (PPCM) des carcasses de gros bovins sont régis par des règles strictes, et permettent la gradation de leur valeur commerciale. Le poids et le classement (basé sur la conformation et l'état d'engraissement) conditionnent largement le prix payé à l'éleveur. Les types de découpe obéissent également à une nomenclature précise. Le rendement de découpe dépend de nombreux facteurs, dont le cahier des charges de découpe.



### CONDITIONS DE PRESENTATION DES CARCASSES DE G.BOVINS A LA PESEE

Arrêté interministériel du 26/12/2000 modifié .



**La pesée est effectuée dans l'heure, qui suit l'étourdissement. La queue, l'onglet, les hampes doivent rester attenants à la carcasse. L'oeillet doit rester intact.**

**TRES IMPORTANT**



**SONT INTERDITS :**

- L'élimination des graisses internes ou de couvertures mettant à nu en quelques endroits que ce soit, le tissu musculaire.
- L'enlèvement des graisses au niveau de l'épaulaie et de la région ventrale.
- L'ablation d'une partie quelconque de la paroi abdominale.
- L'élimination de toute partie musculaire, tendineuse ou aponévrotique non comprise dans les amas graisseux dont l'enlèvement est autorisé.
- La modification de la présentation de la carcasse dans un délai de six heures après sa pesée.

Figure n°1: Conditions de présentation des carcasses de gros bovins à la pesée (Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016)

### PRÉSENTATION, PESÉE, CLASSEMENT ET MARQUAGE DES CARCASSES

Les opérations de présentation, pesée, classement et marquage (PPCM) des carcasses de gros bovins sont réalisées en abattoir sous la responsabilité du propriétaire des animaux au moment de leur abattage, ou du prestataire de service qui effectue l'opération d'abattage pour le compte du propriétaire. Elles suivent des règles européennes et nationales : la pesée

et le classement des carcasses sur la conformation et l'état d'engraissement doivent en effet être indiscutables et réalisés en toute objectivité, car ils sont à la base des grilles de paiement des producteurs.

Il est rappelé qu'« est considéré comme gros bovin tout bovin âgé d'au moins 8 mois, date anniversaire des 8 mois incluse » (règlement (UE) n° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013).

### LE POIDS DES CARCASSES

Critère d'une grande variabilité et déterminant important du paiement à l'éleveur, le poids des carcasses définit en partie leur destination commerciale et la façon dont elles sont travaillées. La pesée des carcasses doit être réalisée selon des règles très précises.

#### Les conditions de pesée des carcasses (cf. Figure n° 1)

Pour obtenir le poids fiscal, les conditions de pesée des carcasses ou demi-carcasses de gros bovins sont fixées par l'arrêté du 26 décembre 2000, modifié en dernier lieu par l'arrêté du 18 décembre 2014. La pesée doit obligatoirement être réalisée à chaud, dans l'heure qui suit la saignée de l'animal.

Le parage de la gouttière jugulaire et de la plaie de saignée est effectué sur la chaîne d'abattage sous le contrôle des services vétérinaires (cf. Guide de bonnes pratiques pour la présentation de la plaie de saignée et de la gouttière jugulaire des gros bovins à l'abattoir, Interbev, Idele, janvier 2016).

Les zones anatomiques pour lesquelles la pratique de l'émoussage et du dégraissage (ou parage) est autorisée sont détaillées précisément, dans la mesure où il y a une incidence sur le poids :

- l'émoussage consiste à enlever les graisses de couverture jugées en excès, de façon à améliorer la présentation commerciale ;
- le dégraissage ou parage est l'opération similaire concernant les gras internes ;
- l'élimination des graisses internes ou de couverture ne doit jamais mettre à nu le tissu musculaire.

La réglementation liste également les organes qui doivent rester attachés à la carcasse lors de la pesée (queue, hampe, onglet etc.). L'œillet doit rester intact, ainsi que la paroi abdominale.

Le poids retenu pour les transactions entre producteur et abatteur (poids fiscal) est celui de la pesée à chaud diminué de 2 % (taux de ressuage\*), afin de tenir compte des pertes de masse ultérieures par évaporation d'eau pendant la réfrigération.

Enfin, la présentation de la carcasse ne doit pas être modifiée pendant un délai de six heures après sa pesée, afin de permettre tout contrôle ultérieur par les autorités (FranceAgriMer, la DGCCRF et l'Association interprofessionnelle NORMABEV).

#### Facteurs de variation du poids des carcasses

Il existe une grande **variabilité individuelle** (effet individu) du poids des animaux : de grands écarts peuvent par exemple être observés au sein d'un même lot de bovins de même race, d'âge similaire et conduits dans des conditions identiques (cf. Figure n° 2).

La **catégorie** (cf. Sous-fiche 1.1.4 L'élevage bovin français et ses débouchés) des animaux influence bien évidemment leur poids de carcasse, en lien avec la conduite d'élevage et le sexe : les jeunes bovins ont généralement des carcasses plus lourdes que les vaches et les génisses (cf. Figure n° 3).

L'**âge à l'abattage** a également une forte incidence sur le poids de carcasse. Pour les jeunes bovins, génisses et bœufs, le poids est logiquement très corrélé à l'âge (cf. Figure n° 4).

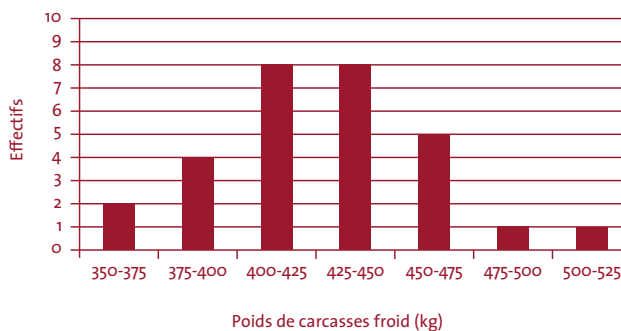


Figure n° 2 : Variabilité individuelle du poids à froid de 30 jeunes bovins de race Blonde d'Aquitaine, élevés dans des conditions comparables et abattus au même âge (Idele, 2002)

Catégorie	Génisses	Vaches	Jeunes bovins	Bœufs
Poids moyen carcasses (kg)	354	400	414	438

Figure n° 3 : Poids moyen de carcasses de gros bovins de race Limousine de différentes catégories en 2017 (traitements GEBIdele, base SPIE et Normabev, 2018)

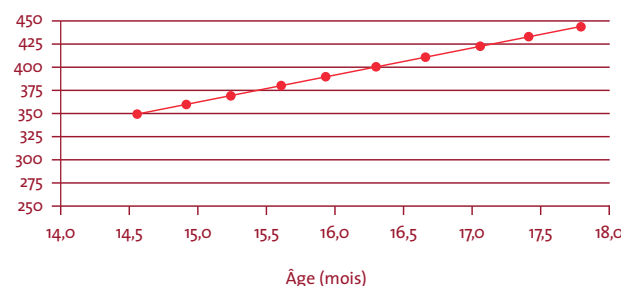


Figure n° 4 : Augmentation du poids de carcasse de jeunes bovins de race Charolaise élevés dans des conditions comparables et abattus à âge constant (Idele, 1999)

Pour les vaches, le poids de carcasse augmente avec l'âge jusque vers 6 ou 7 ans, âge auquel le format adulte est atteint, puis diminue ensuite d'abord de façon modérée jusque vers 12-14 ans, puis de façon plus marquée.

Enfin, la **race** ou le **type racial** (laitier ou allaitant) intervient de façon notable sur le poids de carcasse : les races allaitantes sélectionnées sur leur aptitude à produire de la viande atteignent des poids de carcasse supérieurs à ceux des animaux de type laitier (cf. Figures n° 5 et n° 6).

Catégorie Poids moyen carcasses (kg)	Génisses	Vaches	Jeunes bovins	Bœufs
Type lait	280 à 320	310 à 350	355 à 380	345 à 390
Type viande	355 à 445	400 à 480	415 à 455	440 à 505

Figure n° 5 : Poids moyen de carcasses par catégorie de gros bovins de races laitières ou allaitantes en 2017 (traitements GEBIdele, base SPIE et Normabev, 2018)

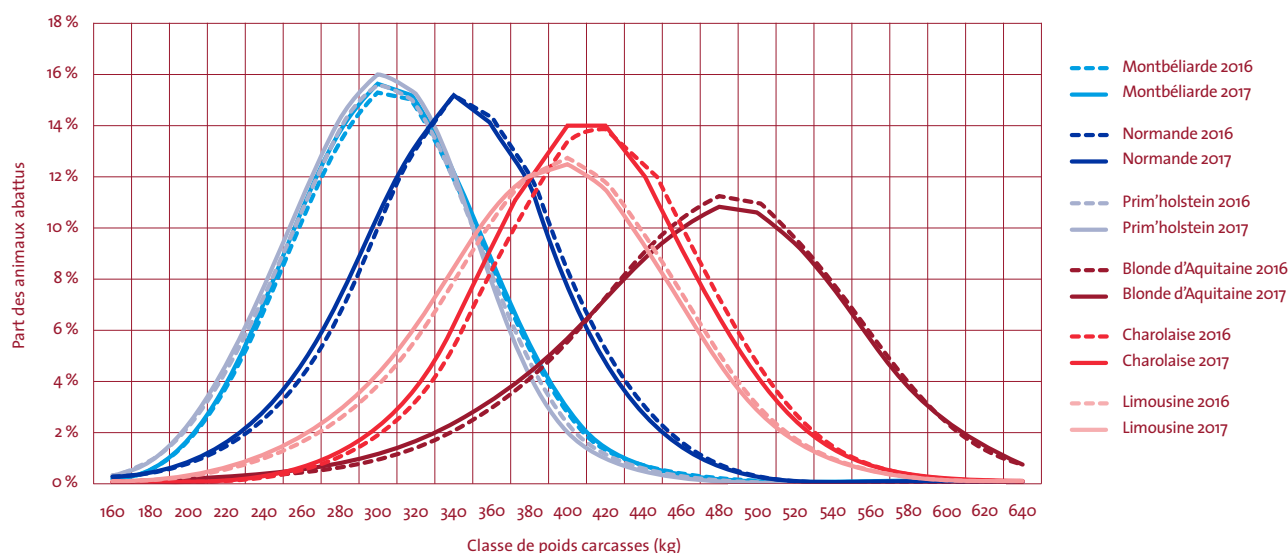


Figure n° 6 : Distribution du poids carcasse des vaches en 2016 et 2017 (traitements GEB-Idele, base SPIE et Normabev, 2018)

Avant l'abattage, des pertes de poids ont lieu durant le **transport et l'attente en bouverie** ; leur incidence sur le poids de carcasse est généralement peu marquée car ces pertes touchent essentiellement le contenu digestif.

Sur la chaîne d'abattage, les pertes de poids correspondent à l'**émoussage** et au **parage** (cf. paragraphe précédent sur les conditions de pesée des carcasses) et sont plus ou moins importantes (de l'ordre de 2 à 6 kg en moyenne) selon l'état d'engraissement des animaux.

Des pertes de poids ont ensuite lieu pendant le **ressuage\*** et le **stockage** (cf. Figure n° 7).

Dès l'arrachage du cuir, la carcasse perd de l'eau, donc du poids. La perte en eau des carcasses lors de la réfrigération et après 48 à 72 heures de stockage est estimée à 2 % ; c'est pourquoi un taux de réfaction de 2 % est appliqué sur le poids chaud mesuré en fin de chaîne d'abattage, pour l'obtention du poids fiscal (cf. paragraphe précédent sur les conditions de pesée des carcasses).

Les pertes en eau peuvent être plus importantes en conditions de réfrigération très lente des carcasses. L'intensité de l'évaporation est d'autant plus forte qu'il y a de l'eau en grande quantité à la surface de la carcasse, et que la température y est élevée : il est donc possible de moduler l'évaporation et les pertes de masse par les conditions de réfrigération. Un froid négatif associé à une grande vitesse d'air réduisent, par exemple, l'évaporation : ainsi, une réfrigération rapide est susceptible de réduire les pertes de poids de 0,1 à 0,3 point lors du ressuage\*. Sans précaution particulière, ces conditions peuvent toutefois provoquer une contraction irréversible de la carcasse et **pénaliser la tendreté de la viande** (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande, paragraphe Réfrigération).

La technique de brumisation, qui consiste à vaporiser des fines gouttelettes d'eau sur la carcasse durant le ressuage\*, réduit considérablement les pertes de masse : l'eau déposée sur la carcasse s'évapore à la place de l'eau provenant de la carcasse elle-même. Ce procédé reste toutefois peu utilisé pour le ressuage des bovins.

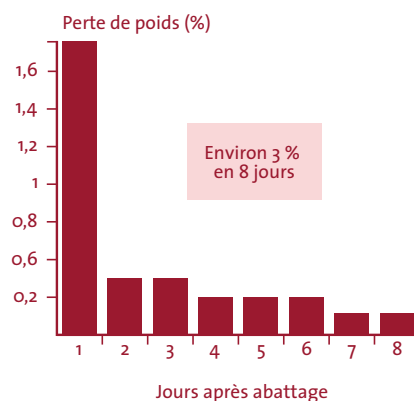


Figure n° 7 : Pertes de poids des carcasses au cours d'un stockage de plusieurs jours (en conditions de réfrigération)

Après la phase de réfrigération, les carcasses bovines sont fréquemment stockées plusieurs jours en frigo. Ce stockage permet à la viande de mûrir, ce qui est très bénéfique en matière de tendreté (cf. Fiche 3.1 La tendreté de la viande). On estime que les pertes pondérales associées à la réfrigération des carcasses et à un stockage de huit jours en frigo avoisinent les 3 %.

Les pertes de masse pendant la phase de **maturation\*** elle-même sont très variables, et sous la dépendance de nombreux facteurs liés au produit lui-même et aux conditions de conservation. Certains muscles sont par exemple plus exsudatifs que d'autres : le tenderloin et le filet sont deux fois plus exsudatifs que le long dorsal ; le rumsteck, la tranche grasse et la semelle ont des pertes de masse du même ordre que le long dorsal ; la boule de macreuse est moins exsudative (0,8 fois les pertes de masse du long dorsal).

Le niveau de parage intervient également : les pertes de masse des muscles totalement parés (PAD, prêts à découper) sont en moyenne 2,6 fois supérieures à celles des muscles semi-parés.

En ce qui concerne les conditions de conservation, les facteurs les plus significatifs sont :

- le **mode de conservation**, le conditionnement sous vide étant celui qui limite le plus les pertes de masse au cours de la conservation (0,7 fois celles obtenues sans conditionnement et 0,8 fois celles obtenues sous atmosphère modifiée de demi-gros);
- la **durée de conservation**, les pertes augmentant avec la durée de stockage (avec un taux journalier d'environ 0,05 % pour le long dorsal de gros bovins conservé sous vide);
- la **température de conservation** (une augmentation de la température de conservation de 5 °C pouvant se traduire par un accroissement des pertes de masse avec un facteur de 1,6).

Ainsi, les pertes de masse d'un faux-filet de vache laitière de 6 kg, maturé pendant 2 semaines sous vide à 0-2 °C, sont estimées à  $57 \pm 22$  g; pour une vache allaitante, les pertes sont estimées à  $76 \pm 29$  g pour un faux-filet de 8 kg.

### LE CLASSEMENT DES CARCASSES

Le classement repose sur la conformation (développement des masses musculaires) et sur l'état d'engraissement, une fois les carcasses réparties selon leur catégorie. Comme le poids, le classement conditionne largement le prix payé à l'éleveur. Il ne permet cependant pas de prédire parfaitement la qualité des carcasses.

### Les conditions de réalisation du classement

Le classement de toutes les carcasses dans les abattoirs de plus de 150 gros bovins par semaine est rendu obligatoire par le règlement délégué (UE) n° 2017/1182 de la Commission du 20 avril 2017<sup>1</sup>. En France, l'application des grilles de classement, mises en place dès les années 1960-1970, était déjà obligatoire depuis 1977. Les grilles de classement des carcasses sont définies au plan communautaire par le règlement (UE) n° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013.

Le classement doit être effectué dans l'abattoir, une heure au plus tard après la saignée de l'animal, par des classificateurs agréés ou sur la base des propositions établies par les machines à classer (MAC - voir paragraphe ci-après) selon le règlement délégué (UE) n° 2017/1182.

Dans un souci d'harmonisation, l'Interprofession a souhaité que l'ensemble des sites d'abattage de plus de 4 000 tonnes par an soit équipé d'une MAC (Accord interprofessionnel sur le classement, le marquage, la pesée et la présentation des bovins de plus de huit mois ainsi que la circulation des informations d'abattage du 19 septembre 2019, étendu par l'arrêté du 26 décembre 2019).

### La catégorie

La réglementation européenne prévoit la répartition des carcasses de gros bovins en six catégories désignées par les lettres Z, A, B, C, D et E (règlement (UE) n° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013).

- Z : carcasses d'animaux entre huit mois et moins de douze mois; la dénomination de vente utilisée, sans distinction du sexe, est « jeune bovin »;
- A : carcasses d'animaux mâles non castrés entre douze mois et moins de vingt-quatre mois (Jeunes Bovins: JB);
- B : carcasses d'animaux mâles non castrés à partir de vingt-quatre mois (taureaux);
- C : carcasses d'animaux mâles castrés à partir de douze mois (bœufs);
- D : carcasses d'animaux femelles ayant déjà vêlé (vaches);
- E : carcasses d'autres animaux femelles à partir de douze mois (génisses); par opposition aux vaches, les génisses sont des femelles n'ayant pas vêlé.

La lettre correspondant à la catégorie de l'animal doit obligatoirement être marquée sur la carcasse.

### La conformation

La conformation décrit l'aspect extérieur de la carcasse pour approcher l'importance relative des masses musculaires par rapport au squelette, en relation avec sa valorisation bouchère.

La conformation s'apprécie d'après les profils (rebondis, droits ou concaves) et les épaisseurs musculaires à différents niveaux (cuisse, région dorsale, épaule) en fonction de la taille du squelette. La grille communautaire de classement en conformation des carcasses de gros bovins est établie par le règlement UE n° 1308/2013 complété par le règlement délégué (UE) n° 2017/1182; elle comporte six classes (cf. Figure n° 8):

- E : excellente
- U : très bonne
- R : bonne
- O : assez bonne
- P : médiocre
- S : supérieure, pour différencier les animaux de type culard; cette classe, facultative, n'a pas été retenue par la France (les animaux culards font partie de la classe E).

Pour les classes de conformation U, R et O, lorsque la carcasse ne présente pas un caractère homogène sur ses trois parties essentielles (cuisse, dos, épaule), la classe à retenir est celle dans laquelle entrent deux de ses trois parties.

Les États membres ont été autorisés à procéder à une subdivision de chacune des classes de conformation jusqu'à un maximum de trois sous-positions. C'est ainsi qu'en France, le jugement de la conformation doit être affiné par une notation au tiers de classe, par subdivision de chaque classe en trois sous-classes -, = et + (arrêté du 18 novembre 2005).

Le prix au kilo de carcasse augmente avec la conformation.

### L'état d'engraissement

L'état d'engraissement de la carcasse est un critère important dans la détermination de son prix. Il caractérise l'importance de la quantité de graisse à l'extérieur de la carcasse (gras de couverture) et sur la face interne de la cage thoracique (gras intercostal, grappé).

1. Ce règlement complète le règlement (UE) n° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil, en ce qui concerne les grilles utilisées dans l'Union pour le classement des carcasses de bovins, de porcs et d'ovins, ainsi que la communication des prix de marché pour certaines catégories de carcasses et d'animaux vivants.

Illustration	Description classe de conformation
	<p><b>E : Excellente</b> Tous les profils sont <b>convexes à super convexes : développement musculaire exceptionnel</b> <i>Cuisse</i>: très rebondie <i>Dos</i>: large et très épais, jusqu'à la hauteur de l'épaule <i>Épaule</i>: très rebondie</p> <p><b>Commentaire</b>: Le tendre de tranche déborde très largement sur la symphyse (<i>symphysis pelvis</i>); le rumsteck est très rebondi.</p>
	<p><b>U : Très bonne</b> Tous les profils sont <b>convexes</b> dans l'ensemble: <b>fort développement musculaire</b> <i>Cuisse</i>: rebondie <i>Dos</i>: large et épais, jusqu'à la hauteur de l'épaule <i>Épaule</i>: rebondie</p> <p><b>Commentaire</b>: Le tendre de tranche déborde sur la symphyse (<i>symphysis pelvis</i>); le rumsteck est rebondi.</p>
	<p><b>R : Bonne</b> Les profils sont <b>rectilignes</b> dans l'ensemble: <b>bon développement musculaire</b> <i>Cuisse</i>: bien développée <i>Dos</i>: encore épais mais moins large à la hauteur de l'épaule <i>Épaule</i>: assez bien développée</p> <p><b>Commentaire</b>: Le tendre de tranche et le rumsteck sont légèrement rebondis.</p>
	<p><b>O : Assez bonne</b> Tous les profils sont <b>rectilignes à concaves : développement musculaire moyen</b> <i>Cuisse</i>: moyennement développée <i>Dos</i>: d'épaisseur moyenne <i>Épaule</i>: moyennement développée à presque plate</p> <p><b>Commentaire</b>: Le rumsteck est rectiligne.</p>
	<p><b>P : Médiocre</b> Tous les profils sont <b>concaves à très concaves : développement musculaire réduit</b> <i>Cuisse</i>: peu développée <i>Dos</i>: étroit avec os apparents <i>Épaule</i>: plate avec os apparents</p>

Figure n° 8: Grille de conformation des gros bovins (règlement (UE) n° 1308/2013 et règlement délégué (UE) n° 2017/1182)


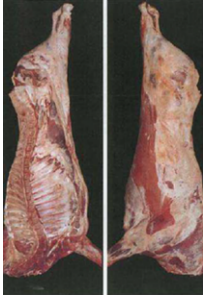


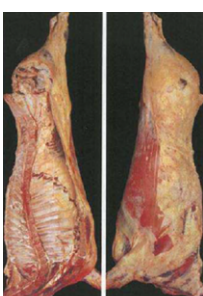
Illustration	Description classe de conformation
	<p><b>1: Très faible</b></p> <p>Couverture de graisse inexistante à très faible.</p> <p>Pas de graisse à l'intérieur de la cage thoracique.</p>
	<p><b>2: Faible</b></p> <p>Légère couverture de graisse, muscles presque partout apparents.</p> <p>À l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes sont nettement visibles.</p>
	<p><b>3: Moyen</b></p> <p>Muscles, à l'exception de la cuisse et de l'épaule, presque partout couverts de graisse; faibles dépôts de graisse à l'intérieur de la cage thoracique.</p> <p>À l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes sont encore visibles.</p>
	<p><b>4: Fort</b></p> <p>Muscles couverts de graisse mais encore partiellement visibles au niveau de la cuisse et de l'épaule; quelques dépôts prononcés de graisse à l'intérieur de la cage thoracique.</p> <p>Les veines de gras de la cuisse sont saillantes; à l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes peuvent être infiltrés de graisse.</p>
	<p><b>5: Très fort</b></p> <p>Toute la carcasse recouverte de graisse, dépôts importants à l'intérieur de la cage thoracique.</p> <p>La cuisse est presque entièrement recouverte d'une couche épaisse de graisse, de sorte que les veines de gras sont très peu apparentes: à l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes sont infiltrés de graisse.</p>

Figure n° 9: Grille d'état d'engraissement des gros bovins (règlement UE n° 1308/2013 et règlement délégué (UE) n° 2017/1182)

La grille communautaire (règlement n° 1308/2013 complété par le règlement délégué (UE) n° 2017/1182) prévoit un jugement de l'état d'engraissement sur une échelle de cinq classes (cf. Figure n° 9):

- 1: très faible
- 2: faible
- 3: moyen
- 4: fort
- 5: très fort.

La filière recherche un état d'engraissement optimal qui correspond à la classe 3.

**NORMABEV, classificateurs et machines à classer (MAC)**

Selon le règlement délégué (UE) n° 2017/1182 (complétant le règlement 1308/2013) et traitant de l'objectivation de la mesure, le classement doit être effectué par des classificateurs ou sur la base des propositions établies par des MAC agréées (cf. Figure n° 10). La MAC est un outil d'aide à la décision à la disposition du classificateur, qui a la possibilité de valider ou d'invalider le classement proposé au tiers de classe en conformation et à la classe entière en engraissement: le classificateur reste responsable du classement retenu.

En France, l'Association interprofessionnelle NORMABEV est chargée de la PPCM des carcasses de gros bovins dans les abattoirs: encadrement, formation, agrément et contrôle des classificateurs, diffusion et utilisation des MAC destinées au classement des carcasses, et suivi de la PPCM. Les sites d'abattage français de plus de 4 000 tonnes par an sont équipés d'une MAC (Accord interprofessionnel sur le classement, le marquage, la pesée et la présentation des bovins de plus de huit mois ainsi que la circulation des informations d'abattage du 19 septembre 2019, étendu par l'arrêté du 26 décembre 2019). Ces machines permettent de classer les carcasses en routine, à la fois sur leur conformation et leur état d'engraissement.



Figure n° 10: MAC: l'analyse d'image permet l'attribution d'une note de conformation des carcasses au tiers de classe et d'une note de 1 à 5 pour l'état d'engraissement.

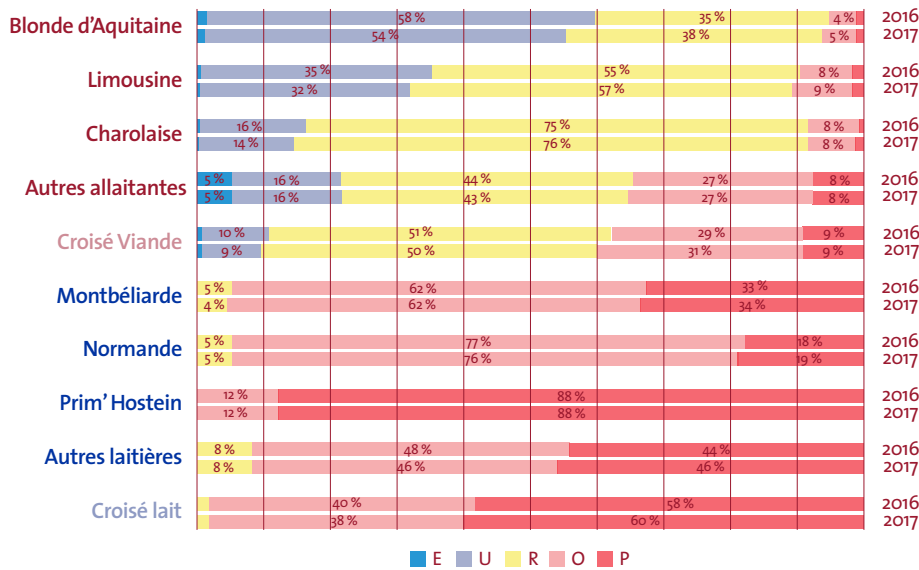


Figure n° 11: Conformation par race des vaches nées et abattues en France en 2016 et 2017 (traitements GEB-Idele, base SPIE et Normabev, 2018)

Trois constructeurs (allemand, danois et français) proposent des MAC de gros bovins, qui fonctionnent sur le principe de l'analyse d'image. Plusieurs caméras produisent des images servant à réaliser, selon la technologie retenue, des mesures en deux ou trois dimensions des carcasses : longueur, largeur, surfaces de gras, de maigre, rayon de courbure de cuisse, épaisseur du dos, etc., soit au total une trentaine de mesures, qui sont ensuite traitées par des équations déterminant le classement. Les données sont ainsi comparées par un programme informatique à un référentiel de classement, ce qui permet de décerner une note au tiers de classe pour la conformation et de déterminer l'état d'engraissement selon le système européen.

### Facteurs de variation du classement des carcasses

La race apparaît comme le premier facteur de variation de la conformation des carcasses, en lien direct avec la sélection des races allaitantes sur leur aptitude à produire de la viande et notamment sur le développement de leurs masses musculaires (cf. Figure n° 11).

En intra-race, on constate un effet catégorie avec des jeunes bovins mieux conformés que les bœufs, les vaches et les génisses qui sont assez proches en termes de conformation. Concernant les animaux plus jeunes (jeunes bovins, génisses, bœufs), la conformation augmente avec le poids de carcasse : pour une même race, plus les animaux sont lourds et mieux ils sont conformés. En revanche, pour les vaches, la conformation varie en fonction de l'âge : relativement stable jusqu'à 6-7 ans, elle diminue par la suite (cf. Figure n° 12). L'état d'engraissement des carcasses dépend de deux grandes familles de facteurs, en lien avec les conditions d'élevage et avec l'animal lui-même.

En ce qui concerne la conduite d'élevage (niveau énergétique de la ration et durée d'engraissement), les animaux sont d'autant plus gras que les apports en énergie sont élevés, et que la période de finition est longue. Ainsi, une fois le niveau de finition optimal atteint, la prolongation de l'engraissement de vaches de réforme permet d'accroître le poids de carcasse, mais ce surplus est essentiellement constitué de dépôt adipeux.

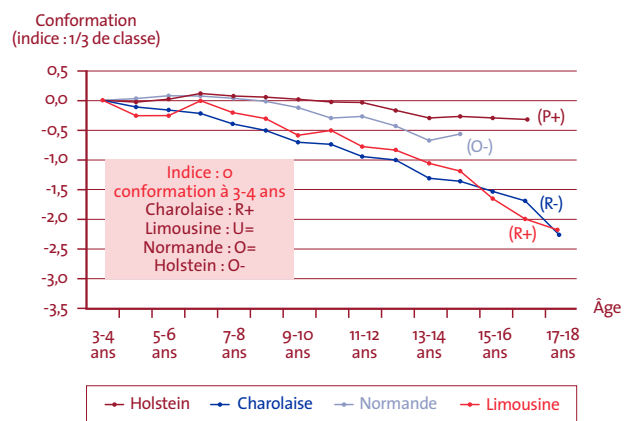


Figure n° 12: Évolution de la conformation des carcasses de vaches de différentes races en fonction de l'âge à l'abattage (Idele, 2002)

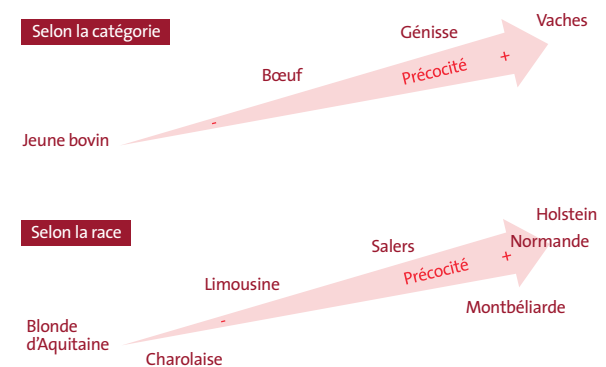


Figure n° 13: Effet de la catégorie et de la race sur l'aptitude des animaux à déposer du gras (Idele, 1984)

Pour la catégorie et la précocité des animaux, les vaches, génisses, bœufs ou jeunes bovins de différentes races représentent autant de catégories d'animaux que d'aptitudes dif-


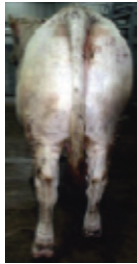

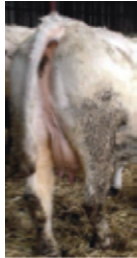


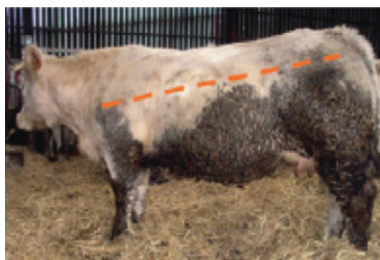

Classe de propreté	Site d'observation	
	Sur le flanc	Sur l'arrière
<b>A: « Très propre »</b> Absence de salissures sur l'animal à l'état de traces.		
<b>B: « Propre »</b> Zones de salissures s'étendant sur la moitié inférieure de la cuisse et sur le bas du ventre et du sternum.		
<b>C: « Peu sale »</b> Zones de salissures s'étendant du haut de la cuisse (trochanter) jusqu'à l'avant du sternum.		
<b>D: « Sale »</b> Zones de salissures s'étendant de la fesse (hanche) jusqu'à la pointe de l'épaule. Les salissures remontent sur le côté jusqu'en haut du flanc et forment une croûte épaisse.		

Figure n° 14: Grille de notation de la propreté des bovins (accord interprofessionnel du 22 mars 2017)

férentes à déposer du gras. Ces écarts s'expliquent par des différences de précocité correspondant à l'aptitude de l'animal à atteindre rapidement l'âge adulte : un animal s'engraisse en effet d'autant plus vite qu'il est précoce.

La précocité dépend du sexe de l'animal : les femelles sont ainsi plus précoces que les mâles, les mâles castrés étant en position intermédiaire. En moyenne, l'état d'engraissement augmente donc des jeunes bovins aux bœufs, des bœufs aux génisses et des génisses aux vaches.

La précocité dépend aussi de la race de l'animal, avec des animaux de type laitier ou mixte plus précoces (races Holstein, Normande, Montbéliarde, etc.), semi-précoces (Salers, Aubrac, etc.) ou plus tardifs pour les races à viande (Limousine, Charolaise, Blonde d'Aquitaine, etc.) (cf. Figure n° 13).

### LE MARQUAGE DES CARCASSES ET LE TICKET DE PESÉE

Toutes les carcasses de bovins de plus de 8 mois doivent être identifiées. Le marquage est réalisé au moment du classement (c'est-à-dire une heure au plus tard après la saignée de l'animal), et doit être effectué dans l'abattoir selon les dispositions suivantes (règlement (UE) n° 1308/2013 complété par le règlement délégué (UE) n° 2017/1182).

Le marquage est opéré par estampillage ou apposition d'une étiquette indiquant au minimum la catégorie et la classe de conformation (au tiers de classe) et d'état d'engraissement. Le marquage est opéré sur la face de chaque quartier de la carcasse :

- sur la face externe de la carcasse pour le marquage par estampillage ;
- sur la face externe ou interne de la carcasse pour le marquage par apposition d'une étiquette.



Le marquage par estampillage est nettement lisible et effectué au moyen d'une encre indélébile, non toxique et résistante à la chaleur. Les étiquettes doivent être clairement lisibles, infalsifiables et attachées solidement sur les carcasses.

Un ticket ou document de pesée est obligatoirement édité et transmis à l'éleveur, sous forme dématérialisée ou non; il doit comporter, entre autres, les éléments déterminant le prix de la carcasse (accord interprofessionnel du 22 mars 2017 relatif à l'achat et à l'enlèvement des bovins de plus de huit mois destinés à l'abattage, étendu le 19 novembre 2017):

- catégorie,
- poids fiscal (en kilogramme, avec au moins une décimale calculée à l'arrondi arithmétique après abattement du taux de ressuage\* de 2 %, établi à partir du poids chaud non arrondi),
- conformation au tiers de classe,
- état d'engraissement,
- état de propreté de la peau constatée lors de l'inspection *ante mortem*: notation en 4 classes → A: très propre; B propre; C peu sale; D sale (cf. Figure n° 14).

La grille de notation de la propreté des bovins (cf. Figure n° 14) vise à juger l'importance des salissures sèches présentes sur l'animal, en fonction de leur surface et de leur épaisseur. L'animal est jugé debout, idéalement sur le côté, à défaut à l'arrière. La notation est établie sur le jugement du flanc le plus sale. Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2016, les viandes issues des animaux sales (note D) sont déclarées impropres à la consommation humaine.

## LES TYPES DE DÉCOUPE DES CARCASSES

Chaque carcasse, après avoir été fendue longitudinalement sur la chaîne d'abattage avant la PPCM, est coupée en quartiers en général le lendemain de l'abattage, puis débitée en pièces de gros et enfin en morceaux de détail pour la vente au consommateur.

### LA MISE EN QUARTIERS

Il existe trois principales coupes en quartiers (ou coupes primaires), aboutissant aux quartiers avant et arrière selon une nomenclature précise.



Figure n° 15: La découpe « pistolet » et la coupe droite « à 5 côtes » des carcasses bovines

La principale coupe en quartiers utilisée en France est la coupe dite « pistolet », qui sépare un quartier avant à 5 côtes avec caparaçon ou Avant CAPA (AV. T. 5: AVant Traité 5 côtes) et un quartier arrière traité à 8 côtes (AR. T. 8: ARrière Traité 8 côtes) sans les bavettes (cf. Figure n° 15).

Le second mode de mise en quartiers est la coupe « droite » à côtes, qui sépare un quartier avant à 5 côtes (AV. 5: AVant à 5 côtes) et un quartier arrière à 8 côtes (AR. 8: ARrière à 8 côtes). L'usage est de préciser, le cas échéant, que la coupe est droite: on désigne donc les quartiers obtenus par cette coupe par AV. 5 Droit ou AV. D. 5, et AR. 8 Droit ou AR. D. 8 (cf. Figures n° 16 et n° 17). En effet, contrairement à la coupe « pistolet », la coupe « droite » se fait le long de la côte, orthogonalement à la colonne vertébrale et jusqu'à la partie ventrale du caparaçon.

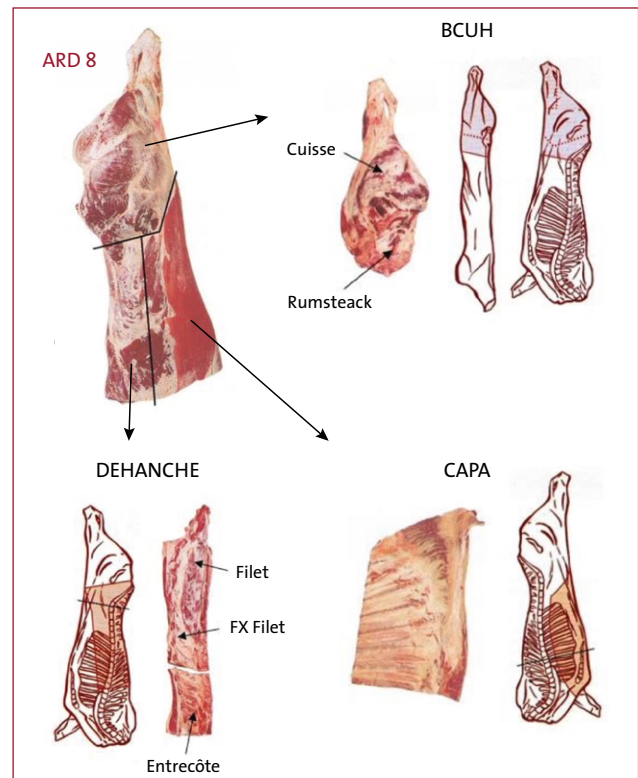


Figure n° 16: Principales pièces de coupe de demi-gros: exemple d'un quartier arrière AR. D. 8

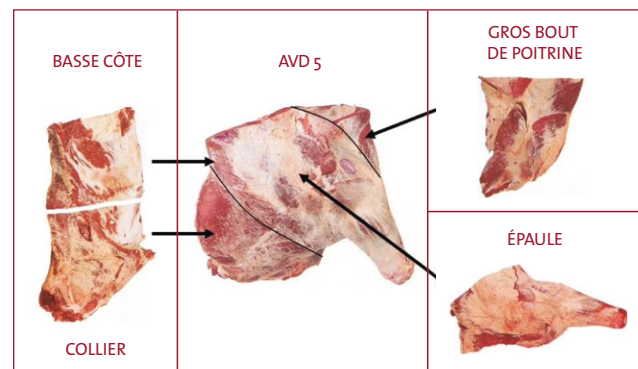


Figure n° 17: Principales pièces de coupe de demi-gros: exemple d'un quartier avant AV. D. 5

Le troisième type de mise en quartiers est la coupe « droite » à 10 côtes, séparant un quartier avant à 10 côtes (AV. 10 ou AV. D. 10) et un quartier arrière à 3 côtes (AR. 3 ou AR. D. 3).

### LES PIÈCES DE GROS

Chaque quartier obtenu est ensuite subdivisé en un certain nombre de pièces de gros :

- le collier basses-côtes ;
- la raquette ;
- le caparaçon : plat de côtes couvert + plat de côtes découvert + poitrine + flanchet + tendron ;
- le milieu de train de côtes (5 côtes) ;
- l'aloyau (3 côtes) : déhanché + aiguillette baronne + rums-teck ;
- le déhanché : filet + faux-filet ;
- la cuisse, encore appelée Boule de Cuisse ou B.C.U. : globe + jarret ;
- le B.C.U.H. ou Boule de Cuisse Hanche : B.C.U. + rumsteck (et aiguillette baronne).

### LES MORCEAUX DE DÉTAIL

Le travail des pièces de demi-gros (parage, désossage) permet d'obtenir des muscles et des pièces de détail prêts à la vente. Pour ce faire, la découpe parisienne est la plus utilisée en France et figure parmi les découpes bouchères les plus élaborées au niveau mondial : elle s'apparente quasiment à une dissection anatomique, où chaque muscle est prélevé, dénervé, dégraissé et vendu dans une catégorie donnée selon ses caractéristiques (cf. Sous-fiche 1.1.2 La dénomination des morceaux).

## LE RENDEMENT DE DÉCOUPE DES CARCASSES

Le rendement de découpe (ou rendement en viande qui correspond à la quantité de viande nette commercialisable sur le poids de carcasse) se situe en moyenne autour de 68 à 70 % du poids de carcasse, avec une part de morceaux à cuisson rapide qui atteint environ 53 % du poids total de viande. Ces deux caractéristiques des carcasses dépendent de nom-

breux facteurs liés à l'animal (catégorie, race et classement), ainsi qu'aux cahiers des charges de découpe. Leurs impacts sur le rendement de découpe ont fait l'objet d'une étude de l'Institut de l'élevage financée par Interbev en 2019. Réalisée sur 23 080 animaux, elle avait pour objectif d'actualiser les chiffres clés de rendement de découpe.

Pour des carcasses ayant été soumises au même cahier des charges de découpe, le rendement de découpe varie selon les facteurs suivants :

- **Effet race et catégorie :** Les races à viande possèdent incontestablement une meilleure composition, qu'il s'agisse de la proportion de viande nette ou de sa répartition (3 à 5 % de différence sur le rendement de découpe). Parmi les différentes catégories (définies par le sexe et l'âge), ce sont les jeunes bovins qui présentent le meilleur rendement de découpe, avec des rendements supérieurs à 71 %.
- **Effet classement :** Le classement ne fournit pas une estimation précise de la composition de la carcasse. La conformation est un critère auquel les professionnels attachent traditionnellement beaucoup d'importance, estimant qu'il est assez bien lié au rendement en viande de la carcasse. Différents travaux scientifiques confirment l'existence d'une liaison entre la note de conformation de l'animal et ce rendement, avec une augmentation du rendement de découpe jusqu'à 8 % par note de conformation.

Cependant, le cahier des charges de découpe des industriels a un fort impact sur le rendement : plus la découpe est élaborée, plus la part de déchets retirés augmente au détriment du rendement en viande.

- **Effet cahier des charges de découpe :** Le rendement de découpe repose sur la présentation du muscle : avec os ou sans, présentation en PAD\* ou en PS\*, muscle affranchi ou non, muscle démonté\* ou non. Finalement, selon le cahier des charges de découpe, le rendement de découpe n'est pas optimal pour évaluer des différences de rendements en viande nette commercialisable entre carcasses. Celui-ci n'a d'intérêt que lorsque les carcasses sont découpées suivant le même cahier des charges. Par exemple, dans l'étude de

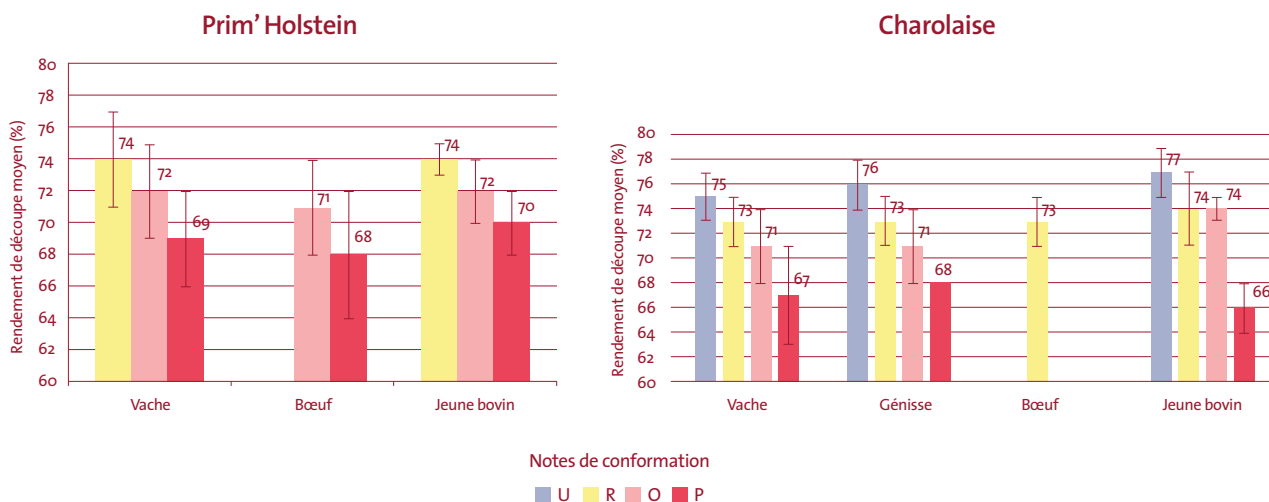


Figure n° 18 : Rendement de découpe moyen suivant la conformation, la catégorie et la race (Idele, 2019)

l'Institut de l'Élevage menée en 2019, il a été montré que le rendement de découpe des races laitières était supérieur à celui des races à viande, s'expliquant par une plus grande proportion d'utilisation des muscles des races laitières pour l'élaboration du haché (cf. *Figure n° 18*). Ainsi, moins de déchets sont produits, augmentant alors le rendement de découpe.

### Pour en savoir plus :

- Arrêté du 27 août 1971 – Normes de coupe en quartiers; Nomenclatures, normes de coupe et composition des pièces de coupe autres que de détail (*JORF* du 15 septembre 1971) ;
- Guides OFIVAL de découpe de la viande de bœuf 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> parties (01/2000, FranceAgriMer);
- Normes ONU-CEE – Viande bovine carcasses et découpes (édition 2004);
- Posters de découpe de carcasses de bœuf n° 1, 2 et 3 (Interbev, Idele 2017).

# 3

## LE MUSCLE ET SA TRANSFORMATION EN VIANDE

La connaissance de la structure et du fonctionnement du muscle permet la compréhension des mécanismes de sa transformation post mortem en viande, ainsi que l'optimisation de la qualité du produit final, en particulier pour sa tendreté.



### STRUCTURE GLOBALE DU MUSCLE SQUELETTIQUE

Les muscles représentent environ la moitié du poids vif des bovins et sont principalement constitués d'eau (environ 75 %) et de protéines (environ 20 %).

Le tissu musculaire est composé de faisceaux musculaires, eux-mêmes formés de fibres musculaires, cellules minces et très longues pouvant atteindre plusieurs centimètres, aux propriétés contractiles et élastiques (cf. Figure n° 1). Ces faisceaux confèrent au muscle son aspect fibreux; leur nombre et leur diamètre déterminent le « grain » ou la « finesse » de la viande.

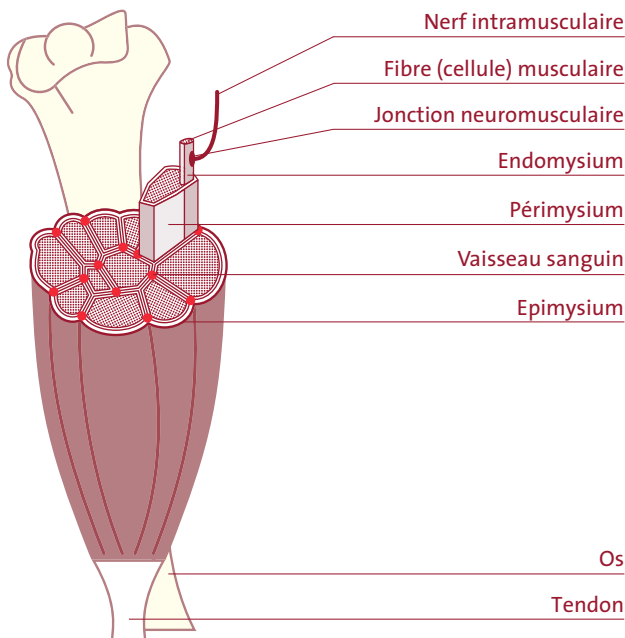


Figure n° 1 : Organisation anatomique d'un muscle squelettique

Les fibres musculaires sont entourées de plusieurs couches d'un tissu de soutien appelé tissu conjonctif\*, composé essentiellement de collagène\* et comportant nerfs, vaisseaux sanguins et réserves adipeuses :

- l'endomysium autour des fibres musculaires,
- le péricymysium autour des faisceaux de fibres musculaires,
- l'épimysium autour du muscle, formant à ses extrémités les tendons reliant le muscle aux os (d'où le nom de muscle squelettique),
- l'aponévrose autour d'un groupe de muscles. En pratique, ce terme désigne souvent l'épimysium, enveloppe du muscle.

Les caractéristiques du tissu conjonctif (composition, évolution en fonction de l'âge de l'animal, etc.) et, en particulier, sa proportion dans le muscle ont une incidence directe sur la qualité de la viande et surtout sur sa tendreté.

### LES FIBRES MUSCULAIRES

Les fibres (ou cellules) musculaires occupent 75 à 90 % du volume des muscles; leur diamètre varie de 10 à 100 µm et leur longueur de quelques millimètres à plus de 30 cm.

Les fibres musculaires sont composées de nombreuses myofibrilles (cf. Figure n° 2, page suivante), elles-mêmes constituées de chaînes d'unités contractiles répétitives : les sarcomères, de 2 à 3 µm de longueur.

Au sein des sarcomères, l'alternance régulière de myofilaments protéiques fins d'actine et épais de myosine confère au muscle son aspect strié au microscope.

Ces filaments d'actine et de myosine représentent environ trois quarts des protéines musculaires; ils sont capables de « glisser » les uns par rapport aux autres, ce qui permet la contraction des sarcomères puis des myofibrilles, entraînant le raccourcissement du muscle, ainsi que son relâchement (cf. paragraphe Principe de contraction/relâchement). La myosine représente environ 50 % des protéines myofibrillaires. Elle existe sous plusieurs isoformes<sup>1</sup> qui permettent, en association avec leurs propriétés fonctionnelles et métaboliques, de répartir les fibres musculaires en différents types.

1. Deux protéines sont dites isoformes lorsqu'elles ont des structures quasiment identiques, qui ne diffèrent que de quelques acides aminés.

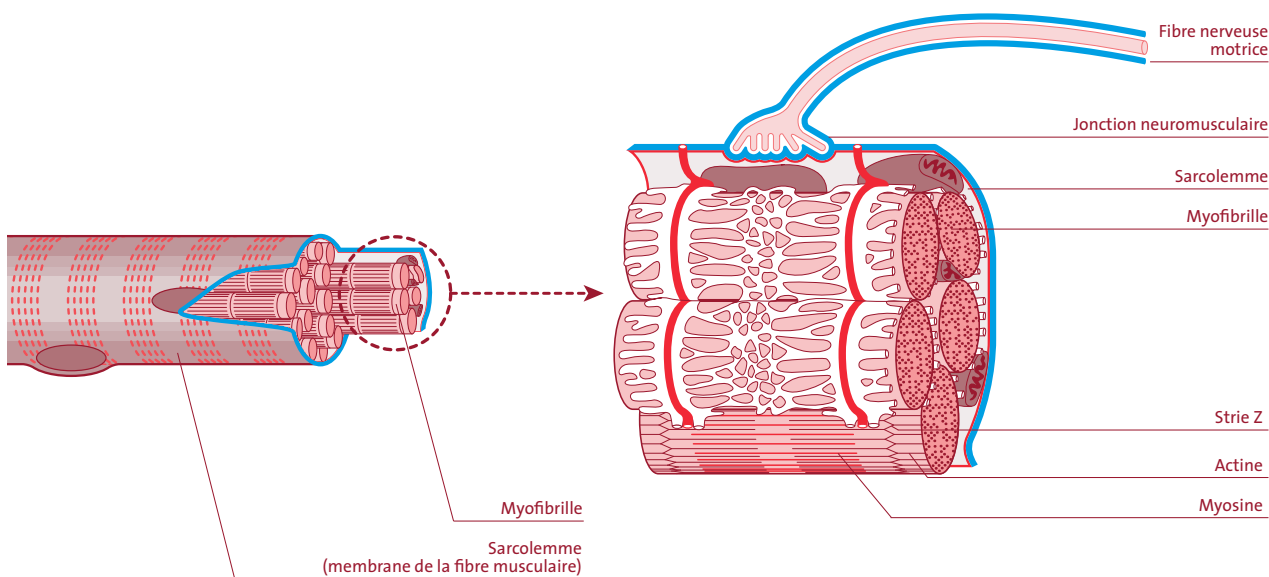


Figure n° 2: Structure des fibres musculaires

La classification des fibres selon leurs propriétés contractiles en types I, IIA et IIX est la plus communément utilisée (cf. Figure n° 3). Il existe d'autres nomenclatures des fibres suivant sur leurs propriétés contractiles et métaboliques basées sur des méthodes différentes et plus ou moins équivalentes selon les muscles considérés :

- SO (*Slow Oxidative*), FOG (*Fast Oxido-Glycolytic*) et FG (*Fast Glycolytic*);
- $\beta$ R (lent oxydatif),  $\alpha$ R (rapide oxydo-glycolytique) et  $\alpha$ W (rapide glycolytique).

- la fonction du muscle : les muscles posturaux (cou, dos) sont plus riches en fibres de type I, à l'inverse des muscles actifs (muscles locomoteurs par exemple) contenant davantage de fibres de type II;
- la localisation du muscle (avant ou arrière de l'animal) : il y a davantage de fibres de type I dans la partie avant (41 %) qu'à l'arrière de l'animal (31 %); pour les fibres de type IIX, la répartition est équivalente (37 à 38 %);
- le site intramusculaire : la proportion de fibres de type I est supérieure dans les parties antérieures et médianes des muscles ; celle de fibres IIX est plus élevée dans les parties superficielles et postérieures.

La composition en types de fibres est variable selon :

	<b>TYPE I</b> SO / $\beta$ R	<b>TYPE IIA</b> $\alpha$ R / FOG	<b>TYPE IIX*</b> $\alpha$ W / FG
<b>Diamètre</b>	Faible	Faible à moyen	Élevé
<b>Couleur</b>	Rouge	Intermédiaire	Pâle
<b>Vitesse de contraction</b>	Lente	Intermédiaire	Rapide
<b>Résistance à la fatigue</b>	Très élevée	Élevée	Faible
<b>Quantité de myoglobine</b>	Très élevée	Moyenne	Faible
<b>Vascularisation</b>	Très élevée	Moyenne	Faible
<b>Activité ATPasique</b>	Faible	Moyenne	Élevée
<b>Métabolisme oxydatif (aérobie)</b>	Très élevé	Élevé	Faible
<b>Métabolisme glycolytique (anaérobie)</b>	Très faible	Très élevé	Très élevé
<b>Réserves en glycogène</b>	Très faibles	Très élevées	Élevées
<b>Réserves en triglycérides</b>	Très élevées	Faibles	Très faibles
<b>Proportion muscle semi tendinosus (rond de gîte)**</b>	10 à 14 %	22 à 25 %	62 à 66 %
<b>Proportion muscle longissimus thoracis (entrecôte)**</b>	34 à 41 %	14 à 17 %	16 à 48 %

\* Anciennement confondu avec le type IIB. \*\* Pour les principales races allaitantes françaises.

Figure n° 3: Caractéristiques des principaux types de fibres musculaires rencontrés chez les bovins

## LE TISSU CONJONCTIF

L'endomysium (autour des fibres musculaires) et le pérимysium (autour des faisceaux de fibres musculaires) sont constitués d'un tissu conjonctif lâche, composé de cellules (fibroblastes, globules blancs, adipocytes...) et d'une matrice extracellulaire comportant plusieurs types de molécules (collagène et protéoglycanes essentiellement). Ces dernières sont responsables des propriétés mécaniques et visco-élastiques du tissu conjonctif. Le tissu conjonctif est souple mais très résistant, ce qui lui permet de transmettre la force de contraction.

Le collagène est le principal constituant du tissu conjonctif ; il forme un réseau plus ou moins dense de fibres protéiques résistantes et peu solubles. Son taux est variable en fonction du muscle considéré : il représente de 1 à 15 % du poids sec du muscle bovin adulte. La structure générale du collagène est une triple hélice polypeptidique appelée tropocollagène (cf. Figure n° 4). Des liaisons covalentes (fortes) assemblent les molécules de tropocollagène en fibrilles d'environ 50 nm de diamètre.

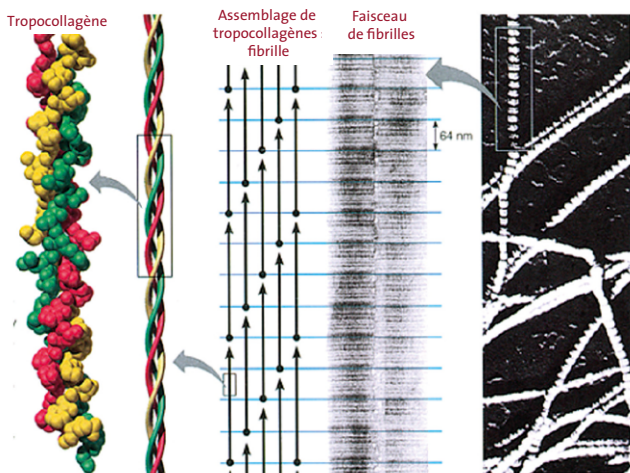


Figure n°4 : Structure du collagène

Des liaisons de réticulation intramoléculaires (ponts disulfure ou hydrogène) et intermoléculaires permettent l'agrégation des fibrilles en fibres de collagène de 10 à 100 µm de diamètre, formant une trame rigide très résistante à la traction et à la compression. Un degré élevé de réticulation entraîne une solubilité plus faible du collagène, en lien direct avec la dureté du muscle.

Le collagène étant doté d'une grande résistance mécanique, on peut considérer en première approximation que plus il y a de collagène et plus la viande est potentiellement dure. La quantité de collagène et son degré de réticulation diffèrent selon le muscle considéré et, dans une moindre mesure, selon le type génétique et l'âge de l'animal. La solubilité diminuant avec l'âge de l'animal, la dureté du muscle augmente, surtout s'il est riche en collagène. Le taux de collagène n'est pas forcément homogène au sein d'un même muscle. Il peut également varier fortement d'un animal à un autre pour un muscle donné.

Les muscles à cuisson rapide, pauvres en collagène, sont principalement situés à l'arrière de l'animal, et représentent environ 53 à 57 % de la viande nette commercialisable de la

carcasse. Les muscles à cuisson lente, riches en collagène, sont plutôt situés sur l'avant.

Un chauffage rapide en milieu sec provoque la contraction des molécules de collagène : les muscles riches en collagène sont donc plus durs et plus difficiles à mastiquer.

Les protéoglycanes sont les composants principaux de la substance amorphe dans laquelle baigne le réseau de fibres de collagène ; ils forment de grands complexes en lien avec la viscosité de la matrice extracellulaire.

Le tissu conjonctif contient aussi des fibres d'élastine. Même si cette protéine aux propriétés élastiques est relativement peu abondante dans le muscle, elle a une incidence sur la texture car elle résiste à la chaleur et à la plupart des enzymes, sans se dissoudre, contrairement au collagène.

Un chauffage long en milieu aqueux conduit à la gélatinisation du collagène à partir de 65 °C (cf. Fiche 3.1.9 - Tendreté et cuisson de la viande).

## FONCTIONNEMENT ET MÉTABOLISME DU MUSCLE

### PRINCIPE DE CONTRACTION / RELÂCHEMENT

Du vivant de l'animal, le dispositif contractile des fibres musculaires utilise l'énergie chimique fournie par les molécules d'ATP (adénosine triphosphate) pour provoquer la contraction et le relâchement musculaires.

La contraction du muscle se fait par glissement des filaments fins d'actine par rapport aux filaments épais de myosine (constitués d'une partie globulaire ou tête, et d'une partie fibrillaire), sans modification de leur longueur (cf. Figure n° 5). Ce déplacement des fibres entraîne le raccourcissement des sarcomères et par conséquent du muscle tout entier.

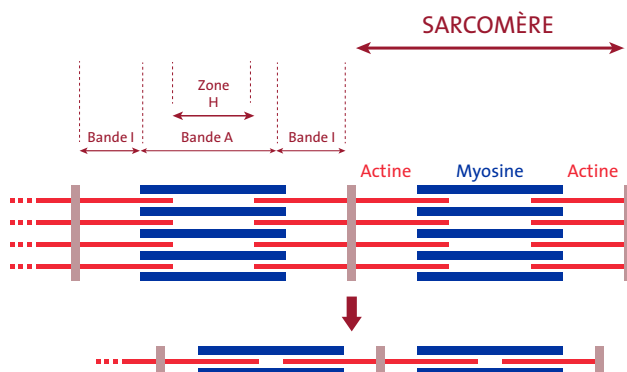


Figure n°5 : Mécanisme de la contraction musculaire

Pour que le muscle soit à l'état de repos (étape n° 1 de la Figure n° 6), il est nécessaire que les têtes de myosine, libres par rapport aux filaments d'actine, aient fixé une molécule d'ATP.

Lorsqu'une stimulation a lieu via l'influx nerveux (étape n° 2), les filaments d'actine se placent au contact des têtes de myosine sur des sites spécifiques. Les ions calcium Ca<sup>++</sup>, qui sont en réserve dans un réseau complexe de cavités à l'intérieur de la fibre mus-

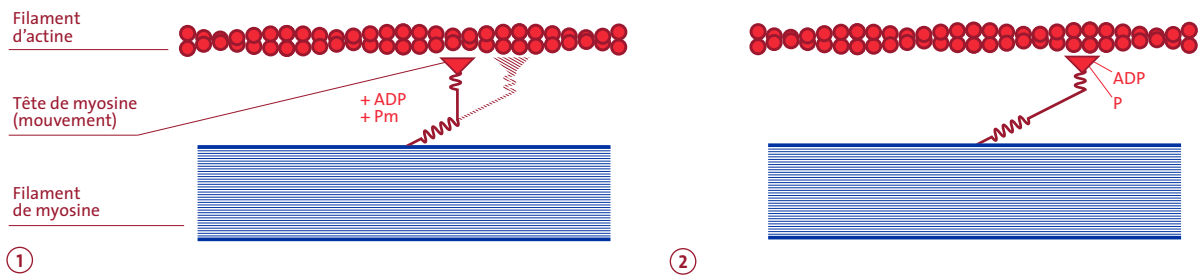


Figure n°6 : Deux premières étapes du cycle intervenant dans la contraction

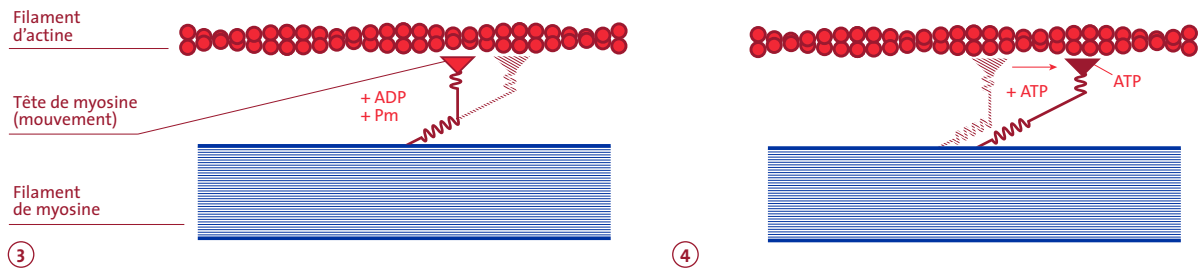


Figure n° 7 : Deux dernières étapes du cycle intervenant dans la contraction

culaire, sont libérés (cf. Figure n° 2). Ils déclenchent alors l'activité ATPasique des têtes de myosine: en présence de magnésium, il y a hydrolyse de l'ATP présent sur les têtes de myosine en ADP (adénosine diphosphate) + P (phosphate). L'énergie produite par l'hydrolyse de l'ATP permet alors la rotation des têtes de myosine par rapport aux filaments d'actine, le raccourcissement des sarcomères et ainsi la contraction du muscle (étape 3 de la Figure n° 7).

La fixation d'une nouvelle molécule d'ATP sur les têtes de myosine provoque leur redressement, puis la rupture de leurs liaisons avec l'actine et la libération des filaments fins (étape n° 4).

Plusieurs cycles peuvent se succéder, entraînant un raccourcissement important du muscle (de 20 à 50 %). À la fin de la contraction, les sarcomères reprennent leur état initial en raison de l'élasticité propre aux myofibrilles: le muscle se relâche. Cette phase nécessite la consommation d'ATP pour le retour actif des ions  $Ca^{++}$  dans les cavités de la fibre musculaire.

**ORIGINE DE L'ÉNERGIE UTILISÉE PAR LE MUSCLE**

Les fibres musculaires sont consommatrices d'ATP et sont capables, par conversion de cette énergie chimique en énergie mécanique, de se contracter. Elles sont également productrices d'ATP grâce à différentes voies métaboliques. Dans un premier temps, les faibles réserves d'ATP présentes dans le muscle sont utilisées très rapidement, en quelques secondes; un mécanisme de régénération rapide grâce à la phosphocréatine prend ensuite le relais et permet une puissance musculaire intense pendant 10 à 15 secondes. Il y a ensuite glycolyse, c'est-à-dire utilisation des réserves en glycogène du muscle: ce processus anaérobie (sans consommation d'oxygène) de fermentation lactique produit de l'acide lactique et de l'ATP pendant quelques dizaines de secondes. Cette voie fermentaire de fourniture d'ATP n'a pas un fort rendement énergétique mais présente l'avantage d'être rapide; c'est la voie métabolique principale des fibres « blanches rapides » de type IIX.

Enfin, un troisième mécanisme de production d'ATP intervient pour des efforts musculaires d'intensité modérée et de plus longue durée, tout en assurant la régénération de la phosphocréatine: il s'agit de l'hydrolyse aérobie (avec consommation d'oxygène) des réserves de glucose et d'acides gras du muscle. Cette voie métabolique est majoritaire pour les fibres « rouges lentes » de type I oxydatif.

**LA TRANSFORMATION DU MUSCLE EN VIANDE**

La transformation du muscle en viande débute dès la mort de l'animal par de nombreuses modifications physico-chimiques et enzymatiques dont dépend grandement les qualités organoleptiques de la viande, et surtout sa tendreté. On décrit classiquement trois stades en lien avec l'évolution de la dureté de la viande: la pantelance, la rigidité cadavérique (ou *rigor mortis*) puis la maturation\* (cf. Figure n° 8).

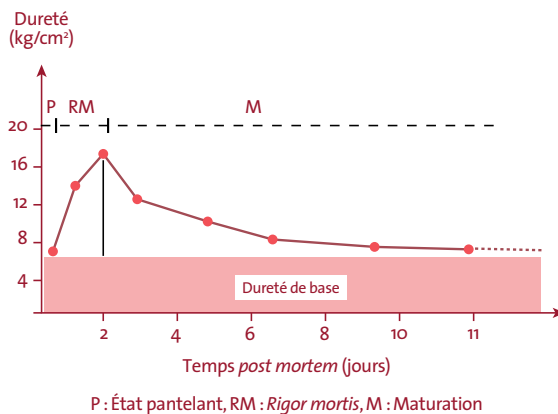


Figure n° 8 : Évolution post mortem de la dureté du muscle

### LA PHASE DE PANTELANCE

La phase de pantelance suit immédiatement l'abattage; cette période est caractérisée par des contractions et des relâchements successifs des groupes de fibres musculaires pendant une durée de vingt à trente minutes. Ce phénomène est visible à l'œil nu. Pendant cette période, le système nerveux continue à fonctionner, car le muscle utilise ses réserves de glycogène. Ce processus anaérobie (l'apport d'oxygène étant stoppé du fait de l'arrêt de la circulation sanguine) de glycogénolyse (cf. ci-dessus : Origine de l'énergie utilisée par le muscle) produit de l'acide lactique concourant à l'acidification des tissus, d'où la baisse du pH.

Le niveau de tendreté initial du muscle, juste après l'abattage, dépend de la quantité de collagène musculaire et de son état.

### LE STADE DE RIGIDITÉ CADAVERIQUE OU RIGOR MORTIS\*

La baisse du pH entamée à l'étape précédente se poursuit et entraîne l'inhibition de l'action des enzymes qui permettent l'utilisation du glycogène. Les réserves énergétiques des cellules musculaires étant limitées et devenant progressivement insuffisantes pour assurer leur relâchement : la diminution de la quantité d'ATP conduit à la formation de liaisons actine-myosine irréversibles, ne pouvant plus être dissociées, d'où la perte des propriétés élastiques et le raidissement du muscle dans les heures suivant l'abattage (à distinguer d'une contraction musculaire). La rigidité cadavérique (*rigor mortis*) s'installe alors peu à peu. Elle atteint son maximum 24 à 48 heures *post mortem* : lorsque la totalité du stock d'ATP est épuisée, le muscle perd toutes ses propriétés d'élasticité et sa dureté est maximale (cf. Figure n° 8). L'appréciation de la *rigor mortis* peut être faite par le test d'impossibilité du pliage de l'épaule (cf. norme Afnor V46 001, décembre 1996).

Les conditions dans lesquelles la *rigor mortis* s'est mise en place sont déterminantes pour le bon déroulement de la maturation par la suite (cf. Fiche 3.1.6 *Tendreté de la viande et maturation*).

### LA MATURATION

La maturation commence en réalité dès la mort de l'animal, mais ses effets sont masqués durant les 48 premières heures par la mise en place progressive de la *rigor mortis*. Par la suite, le muscle s'attendrit peu à peu, ce qui lui permet en théorie de revenir à son niveau initial, avant le début de la *rigor mortis* (cf. Figure n° 8).

La maturation constitue un moyen naturel d'attendrissage de la viande par l'action de différents systèmes enzymatiques protéolytiques, qui dégradent les protéines myofibrillaires par hydrolyse (cf. Fiche 3.1.6 *Tendreté de la viande et maturation*). Les systèmes enzymatiques les plus souvent cités dans la bibliographie à ce jour sont les calpaïnes, les cathépsines et le protéasome. Le processus aboutit ainsi à des altérations de la structure du muscle et à des modifications biochimiques de sa composition.

L'action des enzymes protéolytiques est influencée par différents facteurs, comme la température, le pH, la présence de catalyseurs\* ou au contraire d'inhibiteurs\*, et la durée de maturation (cf. Fiche 3.1.6 *Tendreté de la viande et maturation*).

L'activité des enzymes impliquées dans la maturation est d'autant plus importante que la température du milieu est élevée : la maturation est 2,5 fois plus rapide à 10 °C qu'à 0-2 °C. Dans les pays développés, les carcasses sont immédiatement refroidies après l'abattage puis conservées à une température inférieure à 4 °C, car il n'est pas possible de les stocker à température élevée si l'on souhaite préserver leur qualité hygiénique (cf. Fiche 3.1.4 *Tendreté de la viande et réfrigération*). Ceci ne permet donc pas d'exploiter le côté bénéfique de la température. C'est pourquoi la durée de conservation des carcasses et des viandes doit être suffisamment longue pour leur permettre d'atteindre un degré de tendreté satisfaisant, mais pas trop pour ne pas nuire au visuel du produit, aux qualités hygiéniques ou aux aspects pondéraux.

Des études récentes (Marzin, 2010 et 2014, cf. Figure n° 9) montrent que, sous vide et en conditions expérimentales maîtrisées, la maturation peut être prolongée bien au-delà, jusqu'à 90 jours, voire plus dans le cas du faux-filet, car la tendreté poursuit son amélioration. En effet, après une première phase d'augmentation très rapide de la tendreté du faux-filet pendant les trois premières semaines, l'amélioration se poursuit. Après trois semaines de maturation, le muscle a atteint seulement 65 % de son potentiel de tendreté. Celui-ci atteint 95 % à 60 jours.

Notes de tendreté (sur 100)

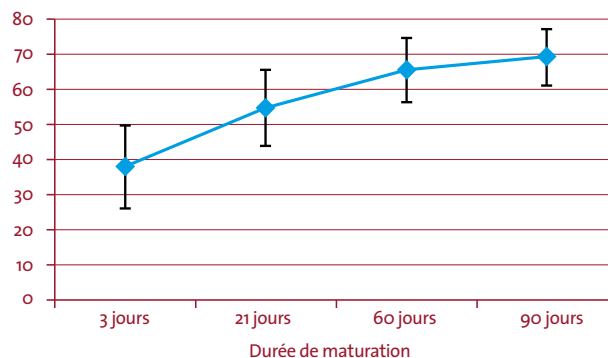


Figure n° 9 : Évolution de la tendreté en fonction de la maturation (D'après Marzin, 2010 et 2014)

Les systèmes enzymatiques impliqués dans le processus de maturation n'ont en revanche que très peu d'action sur le collagène. C'est pourquoi la maturation est très importante pour les muscles à cuisson rapide, qui sont potentiellement tendres car ils sont pauvres en collagène. Pour les muscles riches en collagène, en revanche, la maturation n'apporte pas d'avantage notable puisque c'est la teneur en collagène qui détermine le niveau de tendreté globale, qui est faible (cf. Fiche 3.1.7 *Choix des morceaux, travail des viandes et tendreté*).

Pendant les premières phases de la transformation du muscle en viande, le muscle poursuit son acidification jusqu'à atteindre son pH ultime (cf. Fiche 2.1 *Le pH de la viande*) au bout de 48 heures environ en l'absence de stimulation électrique\* en début de chaîne d'abattage. Cette acidification est bénéfique à la conservation car le milieu devient peu propice aux développements microbiens. Il y a également élaboration d'autres facteurs de la qualité organoleptique : couleur, flaveur, odeur (cf. Fiches 3.2 *La couleur de la viande* et 3.3 *La flaveur de la viande*).



## LA RÉFRIGÉRATION

Le refroidissement des carcasses est indispensable à la bonne conservation des viandes, car il limite les développements microbiens et permet ainsi la maîtrise des risques sanitaires. Chez les gros bovins, le risque le plus important est celui d'une réfrigération trop rapide et/ou trop intense des carcasses pendant le ressuage, ce qui a tendance à freiner la chute de pH (cf. Fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération).

Il peut alors se produire une contraction importante des fibres musculaires, appelée « contracture au froid », « cryochoc\* » ou encore « cold shortening ». Le cryochoc se produit quand la température à l'intérieur du muscle descend en-dessous de 10 °C alors que le pH est encore supérieur à 6 (cf. Figure n° 10) et qu'il reste encore assez d'énergie dans le muscle pour d'éventuelles contractions sous l'effet du froid. Dans ce cas, le potentiel de maturation du muscle est *définitivement altéré* car les fibres musculaires sont entrées en rigidité cadavérique à l'état contracté.

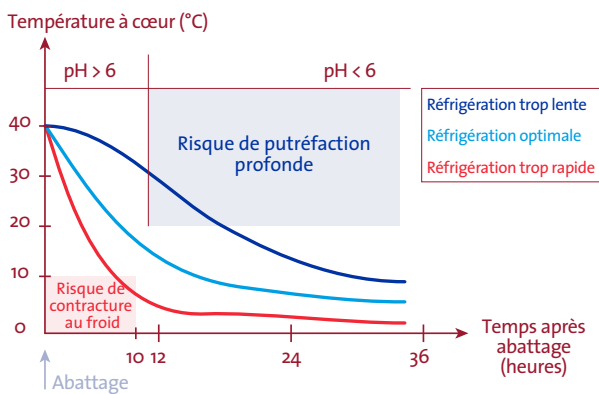


Figure n° 10 : Le refroidissement des carcasses : un compromis entre risque sanitaire et risque technologique (cryochoc ou contracture au froid)

En pratique, en l'absence de stimulation électrique, il est recommandé :

- de refroidir immédiatement les carcasses après abattage, pour que leur température soit comprise entre 10 et 20 °C dans les dix premières heures ; des températures plus élevées exposent les carcasses à un risque de *heat rigor\**, voire de putréfaction profonde (cf. Fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération) ;
- de ne pas appliquer une température inférieure à 10 °C au sein des muscles pour atteindre les 7 °C maximum réglementaires en tous points, tant que le pH est supérieur à 6,0, ce qui équivaut à un délai d'une dizaine d'heures, tout en veillant aux muscles superficiels plus exposés au risque de contracture au froid ;
- de maintenir ensuite les produits à une température maximale à cœur de 7 °C pendant l'étape de conservation ou stockage. Au cours du stockage, les carcasses chaudes en cours de ressuage ne doivent donc pas être mélangées avec les carcasses froides : c'est pourquoi ces deux opérations se déroulent dans des locaux différents.

Afin d'éviter tout problème en cas de réfrigération rapide, il est possible d'avoir recours à la stimulation électrique\* des carcasses en début de chaîne d'abattage. Ce procédé<sup>2</sup>, couplé à un système de refroidissement adapté, a pour principe de forcer les muscles à se contracter, pour épuiser leurs réserves énergétiques et empêcher leur contraction en cas de réfrigération intense. La stimulation électrique entraîne l'accélération de la chute du pH et celle de l'entrée en *rigor mortis*, qui peut être vérifiée par l'impossibilité du pliage de l'épaule (cf. norme Afnor V46 001, décembre 1996). Par contre, elle n'agit pas sur la valeur du pH ultime, qui est atteint plus tôt, environ dix heures après l'abattage (contre 24 à 48 heures). La stimulation électrique n'a pas d'incidence non plus sur la couleur des viandes.

## ÉVOLUTION DU pH

Après l'abattage, l'acidité du muscle passe d'un niveau proche de 7 à environ 5,5 à 5,7 (muscle de référence : faux-filet). Cette acidification résulte de la consommation *post mortem* des réserves énergétiques en glycogène et de l'accumulation d'acide lactique dans le muscle. Elle est bénéfique à la conservation, et prend généralement 48 heures. Il est admis qu'une bonne approximation du pH ultime des muscles (valeur atteinte lorsque l'acidification est achevée) peut être faite dès 24 heures *post mortem* en l'absence de stimulation électrique. L'acidification s'accompagne de modifications de la structure du muscle, ce qui influence sa couleur et son PRE<sup>3</sup> (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande) :

- juste après l'abattage, à un pH proche de la neutralité, le muscle présente un PRE élevé et une couleur sombre ;
- avec la diminution du pH, le PRE du muscle diminue et sa couleur s'éclaircit.

L'acidification peut cependant être insuffisante, du fait d'une faiblesse des réserves en glycogène juste avant la mort. En France, on parle de viandes à pH élevé lorsque leur pH ultime dépasse une valeur seuil comprise entre 5,8 et 6,0, variable selon les entreprises (cf. Figure n° 11). Dans d'autres pays, comme l'Australie, ce seuil peut descendre à 5,7.

Les viandes à pH ultime élevé présentent généralement les caractéristiques suivantes :

- un pH ultime (estimé 24 heures *post mortem*) supérieur ou égal à la valeur seuil retenue comprise entre 5,7 et 6,0 ;

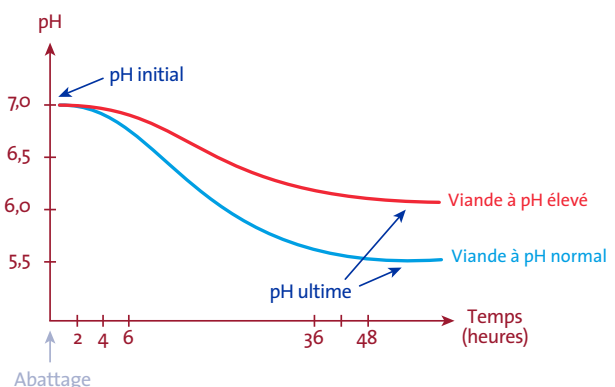


Figure n° 11 : Évolution du pH de la viande vers son pH ultime

2. Plaquette Interbev, Idele « Traitements électriques en abattoir, atouts et conditions de mise en œuvre », C. Bièche-Terrier, 2018.

3. Pouvoir de rétention d'eau.

- une couleur anormalement foncée qui leur vaut la dénomination usuelle de viandes sombres, viandes à coupe sombre; cette couleur très particulière et aisément reconnue par les professionnels nuit à la présentation commerciale du produit;
- une texture sèche et collante due à un fort PRE, qui les rend plus difficiles à travailler (l'eau de constitution du muscle est piégée dans les fibres musculaires et ces viandes ont la possibilité d'adsorber de l'eau extérieure);
- une aptitude moindre à la conservation en partie liée au fait qu'un pH insuffisamment bas ne permet pas une bonne inhibition des micro-organismes d'altération potentiellement présents en surface;
- une mauvaise conservation sous vide, surtout pour une longue durée de conservation.

Ces viandes auraient de plus une maturation anormale, aboutissant à une texture plus ferme (cf. Fiche 3.1.3 Les facteurs amont de variation de la tendreté de la viande).

Dans une carcasse à pH élevé, tous les muscles ne sont pas touchés, en lien avec le type de fibres musculaires prédominant. Ainsi, les muscles de type I oxydatifs (« rouges lents »), dont les réserves en glycogène sont moindres (cf. paragraphe Caractéristiques des principaux types de fibres musculaires rencontrés

chez les bovins), présentent un pH plus élevé et sont plus sensibles que les muscles de type IIX (« blancs rapides »). Il est donc possible de trier, au stade de la découpe, les morceaux pouvant réintégrer un circuit classique de valorisation. Cette pratique existe en industrie; son intérêt économique dépend du montant de la décote dans les différents circuits de valorisation envisagés.

Le problème des viandes à pH élevé est multifactoriel. Outre des facteurs prédisposants comme le type de muscle, la sensibilité individuelle, le type racial, la catégorie d'animal et les conditions d'élevage, des facteurs déclencheurs sont nettement liés aux conditions de pré-abattage. En effet, l'accumulation des perturbations (diète prolongée, dépenses physiques, stress, peur, douleur, etc.) subies depuis le départ de la ferme, jusqu'au piège d'abattage est directement responsable de la diminution des réserves en glycogène musculaire, donc des risques d'apparition de l'anomalie pH élevé. Toute mesure visant à réduire ces perturbations pour favoriser le bien-être et la protection des animaux permet de diminuer le risque d'apparition de viande à pH élevé.

Pour plus de précisions, se reporter à la Fiche 2.1 Le pH de la viande, qui aborde largement cette thématique.

---

# **PARTIE 2**

## **QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DES VIANDES : LE PH**

---

- 1. LE PH DE LA VIANDE – MÉCANISMES MÉTABOLIQUES**
- 2. ORIGINES ET LEVIERS D’ACTION POUR LES PH ÉLEVÉS**
- 3. IMPACTS ÉCONOMIQUES ET DEVENIR DES VIANDES À PH ÉLEVÉ**

# LE PH DE LA VIANDE – MÉCANISMES MÉTABOLIQUES

L'acidification du muscle survient rapidement après l'abattage et est généralement complète au bout de 48 heures post-mortem. Elle s'explique par des modifications métaboliques mais il arrive que cette acidification soit insuffisante: ce sont les viandes à pH élevé.



## MÉCANISMES MÉTABOLIQUES D'ACIDIFICATION DU MUSCLE APRÈS ABATTAGE

Après l'abattage, les caractéristiques du muscle évoluent. En particulier son acidité, évaluée par le pH (cf. Figure n° 1), passe d'un niveau proche de 7,0 à environ 5,5 à 5,7.

Cette acidification résulte de la consommation *post-mortem* des réserves énergétiques en glycogène et de l'accumulation d'acide lactique dans le muscle (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande). Elle est bénéfique à la conservation et

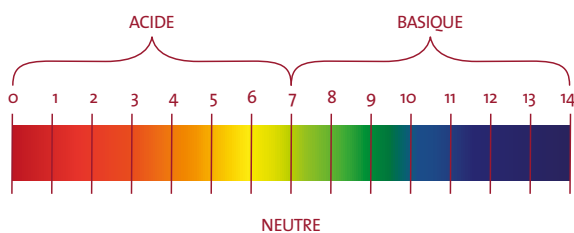


Figure n° 1: Le pH (potentiel hydrogène)

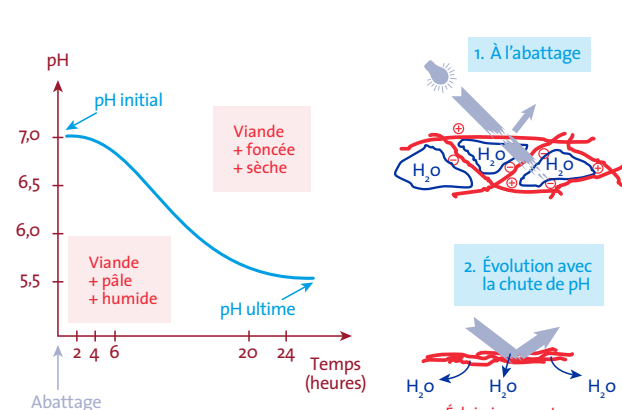


Figure n° 2: Acidification du muscle, évolution de sa couleur et de son PRE<sup>1</sup>

prend généralement 48 heures. Cependant, il est admis que la mesure du pH ultime du muscle est réalisable entre 18 et 24 heures *post-mortem*. Le pH ultime correspond à la valeur atteinte lorsque l'acidification du muscle est achevée. L'acidification s'accompagne de modifications de la structure du muscle, ce qui influence sa couleur et son PRE<sup>1</sup> (cf. Figure n° 2).

Juste après l'abattage, le pH du muscle est proche de la neutralité et supérieur au point isoélectrique<sup>2</sup> des protéines. Les chaînes protéiques du muscle sont alors chargées électriquement et se repoussent, ce qui permet l'absorption et le piégeage de nombreuses molécules d'eau de constitution. Les myofilaments (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) sont alors éloignés les uns des autres. Les fibres musculaires sont gorgées d'eau, leur diamètre apparaît plus grand et les espaces inter-fibrillaires sont en conséquence très étroits, en une structure histologique dite « fermée », caractérisée par :

- L'eau de constitution du muscle qui est fortement liée aux protéines musculaires et qui a peu tendance à s'écouler ;
  - Une pénétration en profondeur de la lumière dans le muscle qui est, par conséquent, moins réfléchi.
- Le muscle a un PRE élevé et une couleur sombre.

Puis, lors de l'acidification *post-mortem* du muscle, le pH s'abaisse vers le point isoélectrique des protéines, dont la charge s'annule. Elles se « resserrent » alors par un effet d'attraction réciproque. Le diamètre des fibres musculaires apparaît plus faible, le muscle a une structure histologique dite « ouverte », caractérisée par :

- L'eau de constitution migrant vers les espaces inter-fibrillaires avec de possibles pertes de masse pendant la conservation ;
  - Une plus faible pénétration de la lumière dans le muscle avec un réfléchissement important à teneur en pigment identique.
- La couleur du muscle s'éclaircit et son PRE diminue.

Dans certains cas, la vitesse de chute du pH et/ou la valeur du pH ultime atteint évoluent de façon atypique, causant différents défauts de qualité de la viande.

1. Pouvoir rétention d'eau

2. Point isoélectrique: pH tel que la charge globale d'une molécule est nulle (molécule électriquement neutre)

## UNE MANIFESTATION TRANSITOIRE DE LA CHUTE DU PH: LE « HEAT RING »

Lors d'une réfrigération rapide des carcasses, la chute du pH peut être hétérogène au sein du muscle et conduire à l'apparition momentanée d'une double coloration de la viande. Ce phénomène transitoire est connu sous le nom de « *heat ring* » (« anneau de chaleur » en anglais). Il se caractérise par une zone plus sombre en périphérie du muscle, provenant d'un gradient de pH intramusculaire. Ce gradient de pH est provoqué par le gradient de température: en raison de l'inertie thermique, au cours du refroidissement des carcasses, le cœur de certains muscles présente des températures plus élevées que la surface. Ces températures plus élevées permettent une chute plus rapide du pH. Le cœur des muscles présente donc des pH plus bas, et une couleur plus claire, que la surface du muscle, d'où l'impression d'une auréole sombre en périphérie (cf. Figure n° 3).



Figure n° 3 : Gradient de pH induisant un gradient de couleur

Le phénomène est observé sur des viandes très vite découpées après abattage en vue d'une expédition rapide: les muscles peuvent être encore un peu chauds à cœur lorsque la coupe avant/arrière est réalisée. Le phénomène transitoire de « *heat ring* » apparaît alors mais n'est pas inquiétant car il n'a pas d'incidence sur la qualité de la viande. Une auréole sombre en périphérie du long dorsal peut parfois survenir: elle traduit simplement un pH en cours de chute. Elle est visible à la coupe de gros mais aura disparu 48 heures *post-mortem*, lorsque le pH ultime sera atteint en chaque point du muscle.

Afin d'éviter tout problème de ce type en cas de réfrigération rapide, il est possible d'avoir recours à la stimulation électrique\* des carcasses en début d'abattage (affalage, saignée). Ce procédé, bien maîtrisé<sup>3</sup> et couplé à un système de refroidissement adapté, permet également de limiter le risque de cryochoc\* (cf. Fiche 3.1.4 *Tendreté de la viande et réfrigération*). Son principe est de forcer les muscles à se contracter, pour épuiser leurs réserves énergétiques. La stimulation électrique entraîne ainsi l'accélération de la chute du pH et celle de l'entrée en *rigor mortis*, qui peut être vérifiée par l'impossibilité du pliage de l'épaule (cf. norme *Afnor V46 001*, décembre 1996). En revanche, elle n'agit pas sur la valeur du pH ultime bien qu'elle soit atteinte plus tôt, environ dix heures après l'abattage (cf. Figure n° 4). Le risque de constater un « *heat ring* » à la coupe de gros est ainsi diminué.

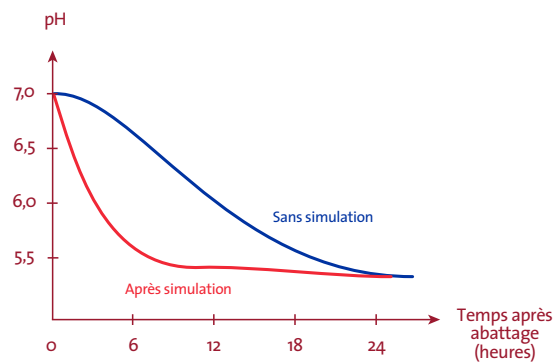


Figure n° 4 : Évolution du pH de la carcasse avec ou sans stimulation électrique

## MÉCANISME PHYSIOLOGIQUE À L'ORIGINE DES VIANDES À PH ÉLEVÉ

Après l'abattage, le métabolisme musculaire se poursuit en consommant les réserves énergétiques de glycogène encore présentes dans le muscle. L'acide lactique, sous-produit de cette consommation, s'accumule dans le muscle du fait de l'arrêt de la circulation sanguine, et provoque son acidification (cf. Figure n° 5).

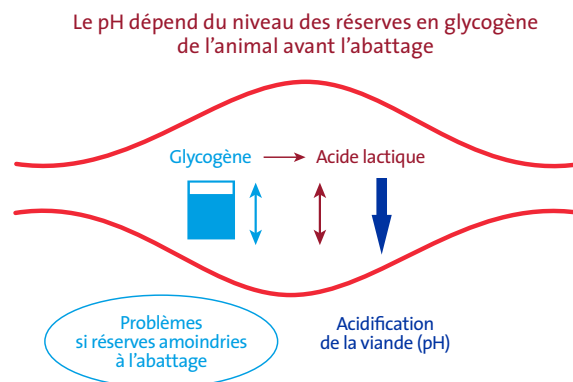


Figure n° 5 : Réserves en sucre (glycogène) du muscle et acidification de la viande

Plus les réserves en sucre (glycogène) sont élevées avant la mort de l'animal, plus l'acide lactique s'accumulera dans le muscle et plus le pH diminuera. Si les réserves de glycogène ont été entamées par l'animal avant l'abattage, il ne reste pas suffisamment de glycogène musculaire pour permettre une acidification normale des muscles après abattage, car l'acide lactique se forme en quantité insuffisante. L'acidification naturelle du muscle *post mortem* s'arrête alors que le pH est encore élevé (cf. Figure n° 6). Le pH ultime demeure trop haut et les viandes sont insuffisamment acidifiées: on parle de viandes à pH élevé, de viandes à coupe sombre ou encore de viandes DFD (de l'anglais « *Dark, Firm, Dry* »: sombres, fermes, sèches).

3. Plaquette Interbev, Idele « Traitements électriques en abattoir, atouts et conditions de mise en œuvre », C. Bièche-Terrier, 2018

Il n'existe pas de seuil technique ou réglementaire défini en France pour caractériser une viande à pH élevé. La limite retenue est généralement comprise entre 5,8 et 6,0<sup>4,5</sup>. Elle varie en fonction des cahiers des charges. Toute viande de pH ultime supérieur ou égal à cette valeur seuil est considérée comme viande à pH élevé et il est alors nécessaire de suivre les décisions d'orientation de l'entreprise, souvent vers le circuit de la transformation (cf. Fiche 2.3 Impacts économiques et devenir des viandes à pH élevé).

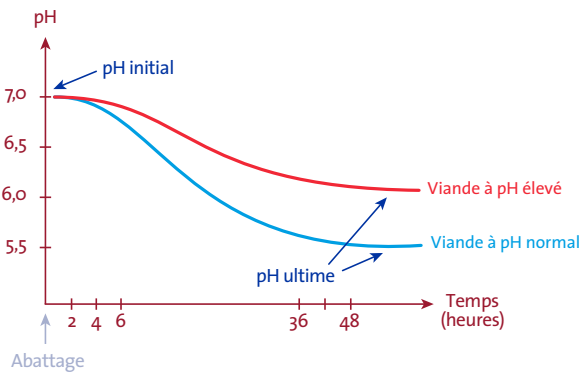


Figure n° 6 : Évolution du pH de la viande vers son pH ultime

### LE SAVIEZ-VOUS ?

#### Deux principales raisons à la mauvaise conservation sous vide des viandes mal acidifiées

L'**acidification insuffisante** du produit est liée à l'absence de glycogène (sucre) qui conduit les micro-organismes à s'attaquer directement aux protéines musculaires pour tirer les éléments nécessaires à leur survie. Cette **protéolyse** produit des **amines** (de type cadavérine, par exemple) et des **dérivés soufrés** qui engendrent une rapide dégradation de l'aspect commercial du produit. À charge bactérienne égale, une viande correctement acidifiée se gardera plus longtemps, car les bactéries vont d'abord utiliser le substrat le plus facilement mobilisable que constituent les

sucres encore présents dans le muscle. L'utilisation de ces sucres ne pose pas de problème de conservation particulier, puisque le sous-produit accumulé est essentiellement constitué d'acide lactique, qui concourt à l'acidification du produit. Les protéines ne seront attaquées que quelques jours plus tard, une fois les sucres épuisés.

Par ailleurs, certaines flores, qui ne se développeraient pas ou peu sur des viandes sous vide normalement acidifiées, trouvent un milieu favorable à leur croissance du fait du pH élevé. Ces germes sont à l'origine d'**odeurs désagréables** et de **phénomènes de verdissement**, qui limitent la durée de vie du produit; c'est notamment le cas du germe d'altération *Alteromonas putrefaciens* (verdisant) (Legrand, 2000).

### CARACTÉRISATION DES VIANDES À PH ÉLEVÉ

En raison de ces mécanismes métaboliques, les viandes à pH élevé présentent généralement les caractéristiques suivantes:

- Un pH ultime (estimé 24 heures *post-mortem*) supérieur ou égal à la valeur seuil retenue, comprise entre 5,8 et 6,0;
- Une couleur anormalement foncée qui leur vaut la dénomination usuelle de viandes sombres, viandes à coupe sombre;
- Une texture sèche et collante due à un fort PRE, qui les rend plus difficiles à travailler;
- Une aptitude moindre à la conservation en partie liée au fait qu'un pH insuffisamment bas ne permet pas une bonne inhibition des micro-organismes d'altération potentiellement présents en surface;
- Une mauvaise conservation sous vide, surtout pour une longue durée de conservation (cf. Le saviez-vous ?).

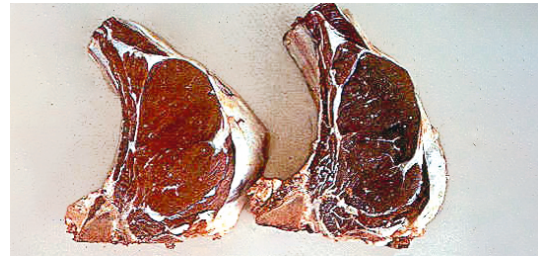
Ces viandes auraient, de plus, une maturation anormale, aboutissant à une texture plus ferme (cf. Fiche 3.1.3 Les facteurs amont de variation de la tendreté de la viande) (Watanabe et al., 1996).

4. Même si la norme Afnor V46 001 (décembre 1996) fait état de la valeur de 6,0, la limite admise par les opérateurs est généralement comprise entre 5,8 et 6,0.  
5. Le seuil retenu dans le système MSA (Meat Standard Australia, cf. fiche 3.1.10 Mesure et méthodes prédictives de la tendreté de la viande) est de 5,7.

# 2

## ORIGINES ET LEVIERS D'ACTION POUR LES PH ÉLEVÉS

L'origine des viandes à pH élevé est multifactorielle et est essentiellement liée aux étapes précédant l'abattage. Des moyens de prévention existent.



### ORIGINE DES VIANDES À PH ÉLEVÉ

Deux types de facteurs sont à l'origine des viandes à pH élevé :

- Des facteurs prédisposants, qui sont interdépendants entre eux ;
- Des facteurs déclencheurs.

*NB : les facteurs étant multifactoriels et interdépendants entre eux, ce plan de présentation ne suit pas un ordre hiérarchique selon leur incidence sur ce phénomène.*

### FACTEURS PRÉDISPOSANT AUX VIANDES À PH ÉLEVÉ

#### Le type racial, la catégorie de l'animal et les conditions d'élevage

La fréquence des viandes à pH élevé semble varier selon le type d'animal, notamment son sexe, son âge et sa race. D'une manière générale, les mâles présenteraient des pH ultimes plus élevés que les femelles et les mâles castrés (Monin, 1991). Les taurillons sont aussi réputés pour donner plus de viandes à pH élevé que d'autres bovins, et ce d'autant plus qu'ils sont âgés. De même, ce phénomène se rencontrerait plus souvent sur les

animaux de type laitier, comparativement à ceux de race mixte et allaitant. Chez les laitiers, cette question touche essentiellement les vaches de réforme, maigres (peu finies), donc disposant de moins de réserves, et plus exposées en cas de stress. Les conditions d'élevage interfèrent très largement avec la catégorie ou le type racial : le risque « pH élevé » est plus important pour les animaux moins habitués aux manipulations par les humains, et de ce fait plus exposés à l'épuisement de leurs réserves en glycogène lors des étapes précédant l'abattage.

Par exemple, chez les jeunes bovins, l'apparition des viandes à pH élevé peut s'expliquer par le changement important que représente leur arrivée en bouverie (transport, nouvel environnement, bruit, odeurs) par rapport à des conditions d'élevage peu variables durant l'engraissement (stabilité des lots et du logement), générant un stress important (et donc une consommation des réserves en glycogène occasionnant un risque accru de viandes à pH élevé).

#### Le facteur individuel

Certains individus sont plus sensibles que d'autres au risque « viandes à pH élevé », sans qu'il soit possible de les identi-

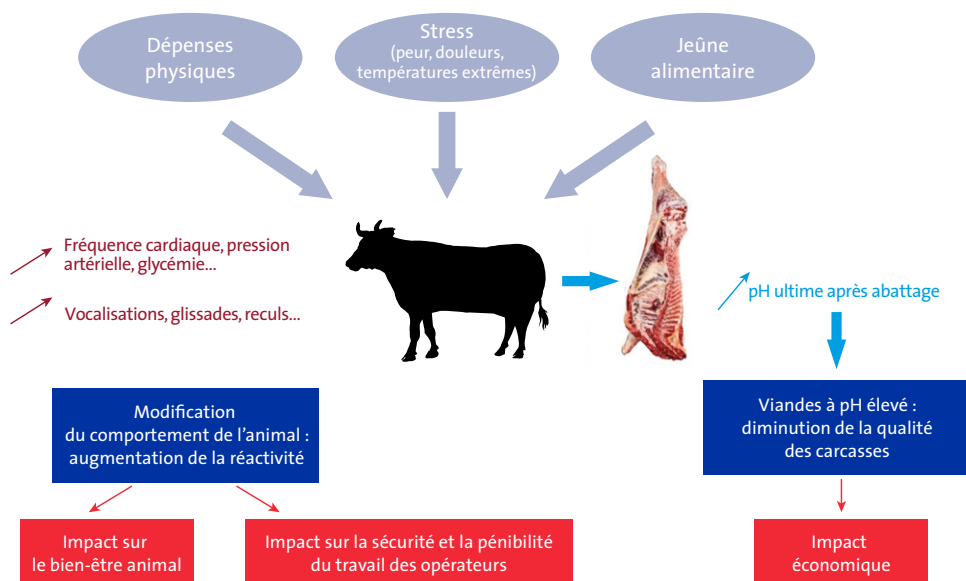


Figure n° 1: Origine multifactorielle et conséquences de la consommation des réserves en glycogène des muscles

MUSCLES RAREMENT AFFECTÉS (← 20 FOIS SUR 100)	MUSCLES MOYENNEMENT AFFECTÉS (20 À 45 FOIS SUR 100)	MUSCLES SOUVENT AFFECTÉS (45 À 75 FOIS SUR 100)	MUSCLES TRÈS SOUVENT AFFECTÉS (→ 75 FOIS SUR 100)
Rond de tranche Plat de tranche Aiguillette de rumsteck Filet Merlan de l'arrière Macreuse	Mouvant Gîte noix Aiguillette baronne Rumsteck Dessus de côte	Tende de tranche Poire Dessus de tranche Gîte nerveux Bavette d'aloiau Bavette de flanchet Boîte à moelle Collier Jumeau Basse côte Caparaçon	<b>Faux-filet (référence)</b> Entrecôte Pièce parée Paleron Surprise Merlan de l'avant Jarret avant

Figure n° 2 : Risque des différents muscles d'être à pH élevé pour 100 carcasses à problème (Source Institut de l'Élevage, 1988)

fier de leur vivant. Il peut s'agir d'animaux plus vulnérables au stress ou présentant un niveau de réserves en glycogène musculaire en permanence plus faible... De ce fait, le phénomène des viandes à pH élevé ne peut être totalement écarté. Malgré l'efficacité des mesures préventives disponibles : il restera toujours des individus sensibles.

**Le poids de carcasse**

Le poids de carcasse serait également un facteur de risque, avec une probabilité plus forte d'observer des carcasses à pH élevé chez les animaux de moindre poids, de façon intra-race et intra-catégorie, en lien direct avec de faibles réserves en glycogène musculaire.

**Des différences importantes d'un muscle à un autre**

L'effet « type de muscle » est un facteur majeur. Souvent, seuls certains muscles d'une carcasse sont concernés par le phénomène de pH élevé. Certains muscles sont fréquemment atteints, tandis que d'autres le sont parfois ou rarement. Le faux-filet est un muscle très sensible et constitue donc un muscle de référence permettant de détecter presque toutes les carcasses risquant d'être atteintes (cf. Figure n° 2). Ceci est en lien avec la composition en différents types de fibres (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande). Ainsi, les muscles de type I oxydatif (« rouges lents »), dont les réserves en glycogène sont moindres (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande), présentent un pH plus élevé que les muscles de type IIX (« blancs rapides »).

**LES FACTEURS DÉCLENCHERS DU PHÉNOMÈNE VIANDE À PH ÉLEVÉ**

Les facteurs déclencheurs sont liés aux conditions de pré-abattage des animaux. L'accumulation des changements subis par l'animal depuis le départ de la ferme est directement responsable de la diminution des réserves en glycogène musculaire.

Les réserves en glycogène peuvent être consommées par :

- Les dépenses physiques liées au regroupement des animaux, à leur chargement en camion, au transport, au déchargement et à l'attente avant l'abattage ;
- Les diverses sources de stress (peur, douleur, températures extrêmes...) qui accompagnent les dépenses physiques de la vie de l'animal avec la sécrétion d'hormones (cortisol, adrénaline...) contribuant à mobiliser les réserves ;
- Le jeûne prolongée en élevage et pendant les étapes de transfert et d'attente avant l'abattage.

**COMMENT LIMITER LES VIANDES À PH ÉLEVÉ ?**

**UN TRAITEMENT CURATIF PEU EFFICACE ET PRATIQUEMENT IMPOSSIBLE**

Un stress très bref peut induire une importante consommation d'énergie musculaire, alors que la reconstitution, même partielle, de ces réserves de glycogène prend du temps (cf. Figure n° 3). Elle implique de longues durées d'attente en bovagerie (au minimum 48 heures), une organisation spécifique, et ne peut donc concerner la totalité des animaux. C'est pourquoi l'apport d'énergie aux bovins avant l'abattage est rarement mis en œuvre.

Il faut très peu de temps pour altérer les réserves en glycogène, mais beaucoup plus pour les reconstituer.

**LA PRÉVENTION AVANT TOUT**

Il est impossible de corriger le pH ultime des muscles après la mort de l'animal. Les mesures préventives concernent donc l'animal vivant et peuvent permettre de réduire sensiblement la proportion de viandes à pH élevé, sans toutefois les éliminer totalement du fait de la très grande sensibilité de certains animaux et/ou muscles.

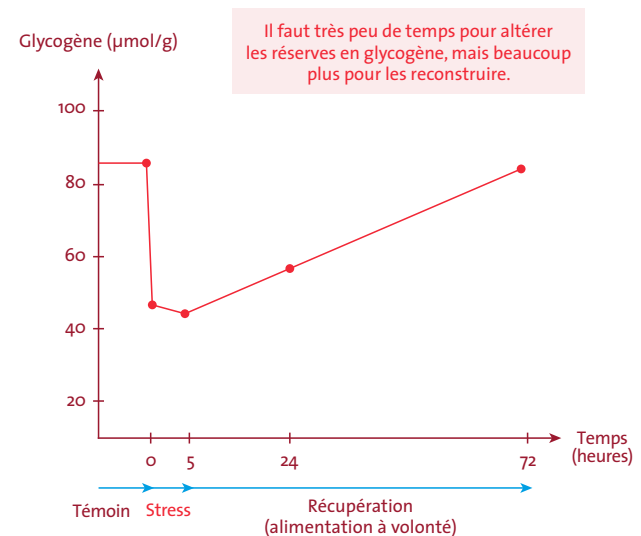


Figure n° 3 : Évolution du taux de glycogène musculaire de taurillons après un stress



Les préconisations à prendre sont donc de réduire les dépenses physiques et les épisodes perturbant les animaux (stress, peur, douleur, etc.) durant la période de pré-abattage, avec une attention particulière aux individus potentiellement sensibles. Elles concernent principalement l'organisation de la collecte des animaux, les équipements destinés au chargement, au transport et à l'attente, ainsi que les manipulations des animaux lors des différents transferts. Il est important de veiller à prendre en compte les particularités sensorielles des animaux (champ de vision, perception des mouvements et des contrastes lumineux) et de travailler dans le calme. Il est nécessaire de leur laisser un temps d'adaptation, d'éliminer les sources de perturbation possibles et de vérifier qu'aucun obstacle n'est présent sur leur parcours. Il est interdit<sup>1</sup> de frapper les animaux et d'utiliser des aiguillons ou tout autre instrument pointu. Le bâton, manipulé à bon escient, doit être considéré comme un prolongement de la main pour guider les animaux, et le recours à l'Asace<sup>2</sup> n'aura lieu que s'il est indispensable et en respectant les consignes d'utilisation.

Loin de représenter une contrainte supplémentaire, ces précautions vont de pair avec le respect des préconisations concernant le bien-être animal, et permettent aux opérateurs de travailler en sécurité.

Ces mesures préventives se retrouvent donc à différents niveaux de la filière :

### En élevage

La prévention en élevage concerne essentiellement le rassemblement des animaux en vue de leur chargement dans le camion. Il ne faut pas regrouper les animaux issus de cases différentes avant le chargement dans le camion afin d'éviter que les bovins ne se battent ou ne se chevauchent. Le chargement doit s'effectuer dans le calme et la rapidité<sup>3</sup>.

### Lors du transport de l'animal

Le chauffeur, titulaire d'un Certificat de compétences (CCTROV<sup>4</sup>, ex Captav), vérifie, entre autres, que les conditions de température, de ventilation et de luminosité sont adaptées.

Il existe des règles spécifiques (aménagement du camion, pauses, alimentation, abreuvement, enregistrement de la température...) au transport de longue durée des bovins de plus de huit heures (ou plus de douze heures si transport national par dérogation).

### À l'abattoir<sup>5, 6</sup>

De la réception des bovins à la conduite des bovins au box d'étourdissement, des mesures de prévention permettent d'éviter les sources de stress des bovins. Par exemple, le déchargement et le tri des bovins à l'arrivée à l'abattoir doit être rapide et la prise en charge des bovins accidentés se fait conformément aux modes opératoires normalisés de l'abat-

toir. L'attente en bouverie doit être la plus faible possible, et le stationnement des animaux dans les couloirs et les zones d'attente est à limiter au maximum. En cas de séjour prolongé de plus de douze heures, il est obligatoire d'alimenter les animaux et de leur fournir une litière assurant leur confort. L'entrée dans le box d'étourdissement doit se faire calmement, etc.

Ces précautions sont complètement en phase avec le respect des préconisations concernant le bien-être animal, lesquelles ont été fortement renforcées depuis les années 2010 et permettent aux opérateurs de travailler en sécurité et plus facilement.

## GESTION DES VIANDES À PH ÉLEVÉ

Une mesure du pH non destructrice et « simple » de mise en œuvre permet d'identifier les viandes à pH élevé et d'assurer leur gestion. La fiabilité de la mesure du pH des carcasses est donc primordiale. Elle repose sur les caractéristiques du matériel et sa maintenance, la formation du personnel et le respect d'un mode opératoire rigoureux (cf. *Sous-fiche 5.1.1 Mesure du pH de la viande*).

La mesure du pH étant la base de toute politique de gestion de cette anomalie, voire, de prévention, son relevé systématique permet :

- De savoir si les produits sont correctement acidifiés ou non, et ainsi de quantifier précisément l'importance du phénomène pH élevé ;
- D'orienter les carcasses ou les muscles touchés vers un circuit de traitement et de valorisation adapté.

Si la fréquence de pH élevé constatée dans l'entreprise est au-delà de l'objectif qu'elle s'est fixée, il est nécessaire d'enregistrer pendant une période suffisamment longue (plusieurs mois) des facteurs associés pour :

- Analyser les causes du phénomène pH élevé afin de tenter d'y remédier par toute mesure corrective appropriée ;
- Assurer le retour d'information aux fournisseurs, notamment pour d'éventuelles actions de leur part.

### INFORMATIONS À ENREGISTRER ET À VALORISER POUR AMÉLIORER LE SUIVI DU « PH ÉLEVÉ »

Pour mettre en place un suivi du pH dans l'objectif d'en identifier les causes, il faut enregistrer, pour chaque mesure effectuée, d'une part les informations liées à la mesure elle-même, et d'autre part celles des facteurs associés à l'élevation potentielle du pH. L'analyse de ces mesures de pH et facteurs associés permet, dans un premier temps, de dresser un état des lieux de la fréquence de carcasses à pH élevé et de se fixer des seuils à ne pas dépasser (par exemple la moyenne des valeurs mesurées sur une certaine période). En cas de dépassement de l'objectif fixé, l'analyse des données

1. Règlement CE n° 1/2005 du Conseil du 22 décembre 2004 relatif à la protection des animaux pendant le transport et les opérations annexes et modifiant les directives 64/432/CEE et 93/119/CEE et le règlement CE n° 1255/97, sur la protection des animaux durant le transport.

2. Asace : Appareil soumettant les animaux à des chocs électriques (aiguillon ou « pile » électrique).

3. Cf. fiche « Charger et décharger des bovins », Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants - Animal Transport Guides, 2017.

4. Certificat de compétences au transport routier d'ongulés domestiques et de volailles.

5. Règlement CE n° 1099/2009 du Conseil du 24 septembre 2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort.

6. Arrêté du 12 décembre 1997 relatif aux procédés d'immobilisation, d'étourdissement et de mise à mort des animaux et aux conditions de protection animale dans les abattoirs.

peut permettre d'identifier les facteurs responsables parmi les facteurs explicatifs potentiels, afin de tenter de remédier au problème ou, tout au moins, de le limiter.

L'Idèle (sous financements Interbev) a rédigé un guide technique à destination des entreprises d'abattage pour les aider à bien mesurer le pH des carcasses de gros bovins et à analyser les causes en cas de pH élevé (cf. *Guide technique pH à destination des entreprises d'abattage de gros bovins, 2021*).

### Pour en savoir plus :

- Norme Afnor NF V 46-001 (1996). Viandes de gros bovins - Conditions de valorisation du potentiel de tendreté.
- Guide de bonnes pratiques : maîtrise de la protection animale des bovins à l'abattoir (Interbev, 2013)

- Le bien-être et la protection des animaux de l'élevage à l'abattoir (CIV, 2015)
- Monin G. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. Inra Productions Animales, Paris: Inra, 1991, 4 (2), pp.151-160
- Référentiel technique pour la conception ou la rénovation d'un centre de rassemblement (Bouv'Innov centre, J'intègre des repères techniques, 2020 ; [www.bouvinnov.fr](http://www.bouvinnov.fr))
- « Checklist conducteur : êtes-vous bien préparé? », Bonnes pratiques pour le transport d'animaux vivants (Animal Transport Guides, 2017 ; [www.idele.fr](http://www.idele.fr))
- Guide pratique pour évaluer l'aptitude au transport des gros bovins (Eurogroup for Animals, UECEV, Animals' Angels, FVE, IRU, ELT, 2012)

# 3

## IMPACTS ÉCONOMIQUES ET DEVENIR DES VIANDES À PH ÉLEVÉ

Lorsque l'acidification des muscles après l'abattage est insuffisante, le pH de la viande demeure élevé. Ces viandes « à coupe sombre » sont alors plus difficiles à travailler et de moindre potentiel de conservation. L'impact économique de cette anomalie reste notable pour les entreprises d'abattage.



### IMPACTS ÉCONOMIQUES DES VIANDES À PH ÉLEVÉ POUR LES ENTREPRISES

Même si l'ampleur du phénomène est en diminution depuis la fin des années 1980, la réduction du nombre de viandes à pH élevé est un enjeu économique et commercial qui reste d'actualité pour la filière gros bovins.

Traditionnellement, les opérateurs d'aval supportent l'intégralité des dépréciations commerciales engendrées par les viandes à pH élevé. En effet, le problème n'est souvent identifié que tardivement, lors de la coupe de gros, de la découpe ultérieure en atelier de désossage/ découpe ou de piéçage ou encore chez le distributeur.

#### DES FRÉQUENCES NATIONALES MODESTES

Une enquête<sup>1</sup> menée par l'interprofession en 2015 a montré qu'en moyenne 2,2 % (de 0,7 à 4,7 %) des carcasses mesurées présenteraient un pH supérieur au seuil de 5,8 (pour neuf sites représentant environ 11 000 têtes). Au seuil de 5,9 ou 6,0, 1,8 % en moyenne (0,02 à 3,6 %) des carcasses mesurées sont considérées à pH élevé (pour six sites représentant environ 3 000 têtes).

La proportion de carcasses à pH élevé par catégorie (disponible pour six sites) met en évidence une surreprésentation des animaux de type laitier (notamment mâles), ce qui confirme les remontées de terrain.

#### TENDANCE À LA DIMINUTION DEPUIS LA FIN DES ANNÉES 1980

Le caractère non systématique des mesures de pH et la faible représentativité des réponses aux enquêtes incitent à la prudence, mais de grandes tendances peuvent toutefois être dégagées.

En 1988<sup>2</sup>, la part des carcasses concernée était plus variable, pouvant atteindre 10-15 % des animaux selon les entreprises, sur la base d'un seuil de pH fixé à 6,0.

En 2011<sup>3</sup>, les chiffres faisaient état de fréquences d'apparition du défaut de 0,3 à 5,9 %, avec des pointes pouvant atteindre 20 % à certaines périodes et/ou pour certaines catégories d'animaux. Sans être représentatifs de la situation nationale, les résultats de l'enquête de 2015 montrent une amélioration de la situation depuis la fin des années 1980.

#### CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES À LA CARCASSE ET POUR L'ENTREPRISE

L'enquête de 2015 a apporté quelques éléments d'appréciation par les entreprises des conséquences économiques liées aux viandes à pH élevé.

Sur l'ensemble des carcasses à pH élevé, la dépréciation commerciale des carcasses touchées a été estimée à environ 25 % en moyenne (de 15 à 40 %) du prix carcasse en type laitier contre environ 33 % en moyenne (de 20 à 60 %) du prix carcasse en type allaitant. Ces chiffres sont cohérents avec l'étude de 1988 qui estimait alors le préjudice économique annuel entre 0,2 et 4,5 % du chiffre d'affaires annuel, soit une perte de 150 000 à 300 000 € par an par site.

L'estimation des conséquences économiques à l'échelle nationale, sur la base de l'enquête menée en 2015 (dépréciation d'environ 350 € par carcasse touchée, 2,2 % de carcasses touchées soit plus de 72 000 carcasses au total), représenterait, par extrapolation, une perte annuelle de plus de 25 millions d'€ (diminution de l'incidence des viandes à pH élevé prise en compte).

#### DEVENIR DES VIANDES À PH ÉLEVÉ

Les viandes à pH élevé sont aptes à la consommation humaine mais leur durée de conservation est inférieure aux autres viandes.

Elles ne font l'objet de saisie qu'en cas de défaut particulièrement prononcé (à l'appréciation des services vétérinaires) conformément au règlement UE 2017:625 qui indique que « les viandes doivent être déclarées impropres à la consommation ».

1. Enquête menée auprès des entreprises françaises d'abattage de gros bovins sur les abattages de 2014 - 26 sites ont répondu à cette enquête, représentant environ 1/5 des volumes abattus (21,2 % des têtes et 22,9 % des tonnages).

2. Plaquette IDELE, INTERBEV « Le chemin de la qualité passe par vous ».

3. Enquête IDELE, INTERBEV.

humaine si elles [...] présentent [...] des anomalies de consistance, [...] des anomalies organoleptiques. Aussi une viande sombre et collante est une «viande à évolution anormale»<sup>4</sup>.

En l'absence de saisie, ces viandes n'entrent généralement pas dans les circuits commerciaux classiques car leur utilisation doit être rapide et il faut éviter le conditionnement sous vide. Aussi sont-elles orientées vers des circuits de transformation (exemple: cuisson) ou dans la fabrication de merguez ainsi que dans une certaine mesure dans la fabrication des viandes hachées<sup>5</sup>, sans risque pour le consommateur en termes de goût, de présentation ou de sécurité sanitaire.

Au stade de la carcasse, quand on évoque des viandes à pH élevé, on pense souvent au cas du faux-filet mais d'autres muscles de la carcasse sont aussi concernés. Un traitement différencié selon les muscles des carcasses touchées est théoriquement possible afin de limiter les pertes financières. Après découpe de la carcasse et tri des muscles, la valorisation de certains morceaux peut se faire normalement, tandis qu'une orientation spécifique vers les circuits de transformation sera choisie pour d'autres. Cette pratique n'est cependant pas aisée à mettre en œuvre en industrie et son intérêt économique dépend du montant de la décote dans les différents circuits de valorisation envisagés.

4. Note de service DGAL n°2013 8180 indiquant les listes de référence caractérisant les lésions et autres non-conformités nécessitant une saisie vétérinaire en abattoir.

5. Au-delà d'une certaine proportion, des problèmes de formage peuvent être identifiés. C'est à chaque entreprise de réaliser son analyse de risque pour maîtriser ce critère.

---

# PARTIE 3

## QUALITÉ ORGANOLEPTIQUE DES VIANDES

---

### 1. TENDRETÉ DE LA VIANDE

1. Tendreté de la viande : préambule
2. Les composantes de la tendreté de la viande
3. Les facteurs amont de variation de la tendreté de la viande
4. Tendreté de la viande et réfrigération
5. Tendreté de la viande et mode de suspension des carcasses
6. Tendreté de la viande et maturation
7. Choix des morceaux, travail des viandes et tendreté
8. Tendreté et attendrissage mécanique des viandes
9. Tendreté et cuisson de la viande
10. Mesure et méthodes prédictives de la tendreté de la viande

### 2. COULEUR DE LA VIANDE

### 3. FLAVEUR DE LA VIANDE

### 4. JUTOSITÉ DE LA VIANDE

### 5. QUALITÉ ET IMPACTS DU GRAS DE LA CARCASSE À LA VIANDE

1. Qualité et impact du gras : préambule
2. Les constituants du gras
3. Les différents types de gras dans la filière viande bovine
4. Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière
5. Les leviers de pilotage du gras en aval de la filière
6. Impacts du gras sur les consommateurs
7. Mesures du gras

# 1

## TENDRETÉ DE LA VIANDE

### 1. TENDRETÉ DE LA VIANDE : PRÉAMBULE

La tendreté de la viande est définie comme son aptitude à se laisser découper, déchirer et broyer pendant la mastication, puis déglutir (d'après Touraille, 1994). La gestion du niveau de la tendreté et sa régularité dans le temps constituent un enjeu très important pour la filière bovine. Cet ensemble de sous-fiches présente les différentes facettes de la tendreté, avec les principaux leviers à disposition de la filière.



La tendreté est sous la dépendance de deux composantes majeures : le collagène et les fibres musculaires. Les lipides interviennent en second plan (Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande).

Depuis l'animal jusqu'au morceau cuit, de nombreux facteurs agissent à des degrés divers sur la tendreté de la viande :

**Facteurs d'amont** (intervenant avant l'abattage), au niveau de :

- l'animal (Sous-fiche 3.1.3 Les facteurs amont de la variation de la tendreté de la viande);
- l'élevage et le convoyage (Sous-fiche 3.1.3 Les facteurs amont de la variation de la tendreté de la viande);

**Facteurs d'aval**

- de l'abattage à la découpe (Sous-fiches 3.1.4 à 3.1.8),
- lors de la cuisson (Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande).

Ces facteurs de variation de la tendreté sont synthétisés dans le tableau récapitulatif ci-dessous, qui indique également leur importance relative indicative (de + à +++) et la sous-fiche à laquelle se reporter pour plus de détails. Ainsi, les nombreux facteurs intervenant sur la tendreté de la viande concernent surtout la variabilité individuelle et l'aval de la filière. Les autres facteurs amont (race, catégorie et alimentation) ont une influence plus modérée.

		FACTEURS	IMPORTANCE RELATIVE INDICATIVE	DESCRIPTION <i>voir Sous-fiche</i>
AMONT	Animal	Individu	++++	3.1.3
		Race	+	3.1.3
		Conformation*	++	3.1.3
		Sexe	+	3.1.3
		Catégorie*	++	3.1.3
	Élevage Convoyage	Âge abattage	++	3.1.3
		Alimentation	+	3.1.3
		Finition*	++	3.1.3
		Conditions avant abattage : regroupement, chargement, transport, passage par un centre de rassemblement* ou un marché*, déchargement, attente en bouverie*, etc.	?	3.1.3
AVAL	Abattage Découpe	Réfrigération	+++	3.1.4
		Mode de suspension* des carcasses	+++	3.1.5
		Maturation* (pour les muscles à cuisson rapide)	++++	3.1.6
		Choix des morceaux en lien avec leur destination culinaire	++++	3.1.7
		Travail des viandes	+++	3.1.7
		Attendrissage* mécanique	++++	3.1.8
	Cuisson	Cuisson	++++	3.1.9

Figure n° 1 : Les différents facteurs impliqués dans l'expression de la tendreté des viandes et leur importance relative indicative (+ faible influence à +++ influence très forte – Satellite tendreté, journées 3R 2011)

La tendreté peut être très variable, même au sein d'un groupe homogène de carcasses. Il est donc nécessaire de nuancer l'impact des facteurs de production, transformation et cuisson de la viande : aucun de ces facteurs ne permettra d'obtenir une viande de tendreté satisfaisante dans le cas d'un animal au potentiel défavorable.

Enfin, la Sous-fiche 3.1.10 fait état des différentes méthodes de mesure de la tendreté de la viande ou d'estimation de son potentiel.

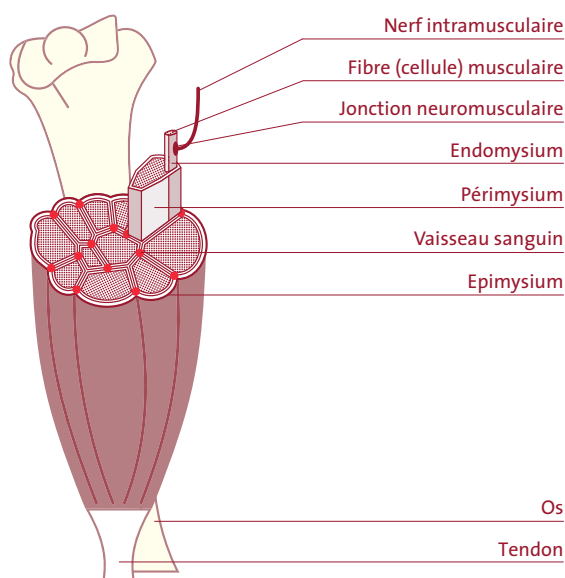
## 2. LES COMPOSANTES DE LA TENDRETÉ DE LA VIANDE

La tendreté de la viande est sous la dépendance de deux composantes majeures: le collagène et les fibres musculaires. Les lipides intramusculaires (persillé) interviennent en second plan.



### TAUX ET ÉTAT DU COLLAGÈNE

Les éléments contractiles des muscles sont entourés d'un tissu conjonctif souple mais très résistant, qui les maintient et augmente l'efficacité de leur contraction. Cette armature interne et externe (cf. Figure n° 1) enveloppe les fibres musculaires et l'ensemble du muscle pour venir former les tendons, qui attachent les muscles aux os. Elle est essentiellement constituée de collagène.



**Figure n° 1: Localisation des différents tissus conjonctifs des muscles squelettiques** Le tissu conjonctif forme des enveloppes autour de chaque fibre musculaire (endomysium), chaque faisceau de fibres (périmysium) et enfin l'ensemble du muscle (épimysium) pour se prolonger par les tendons.



**Figure n° 2: Deux morceaux différents à teneur en collagène différente.** A: Tende de tranche (muscle pad, entier, non affranchi), morceau pauvre en collagène; B: Jarret (morceau désossé), morceau riche en collagène.

Le collagène est une protéine peu soluble qui constitue un réseau de fibres comportant des réticulations, liens solides les fixant entre elles (cf. Figure n° 2) (cf. « Le tissu conjonctif », Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande).

Le collagène confère au muscle sa dureté de base par son taux et sa solubilité: la viande est d'autant plus dure que le taux de collagène est important et que le collagène est insoluble et réticulé, ce qui est l'évolution naturelle observée avec l'âge des animaux. Ainsi, pour un taux de collagène donné, la viande peut être plus ou moins dure. Le taux de collagène d'un muscle définit aussi sa destination culinaire et constitue un déterminant important du prix d'un morceau.

Les muscles à cuisson rapide, peu riches en collagène (cf. Figure n° 3), sont principalement situés à l'arrière de la carcasse et représentent, au plan anatomique, environ 55 % de la viande nette commercialisable; les muscles à cuisson lente, riches en collagène, sont, eux, plutôt situés sur l'avant. Le chauffage en milieu aqueux du collagène conduit à sa gélatinisation au-delà de 80 °C.

<i>Psoas major</i> (filet)	<i>Longissimus dorsi</i> (faux-filet)	<i>Semi tendinosus</i> (rond de gîte)	<i>Pectoralis profundus</i> (poitrine)
3,6	5,9	7,6	9,3

**Figure n° 3: Taux de collagène de muscles de Jeunes Bovins en mg/g de muscle frais** (Kopp et al, 1982)

Le taux de collagène n'est pas toujours homogène au sein d'un même muscle: les parties dures se situent généralement aux extrémités. Il peut également beaucoup varier d'un animal à un autre pour un muscle donné (facteur individuel).

### TYPE ET ÉTAT DES FIBRES MUSCULAIRES

Le tissu musculaire est composé de faisceaux musculaires, eux-mêmes formés de fibres musculaires, cellules minces et très longues pouvant atteindre plusieurs centimètres, aux propriétés contractiles et élastiques.

La classification des fibres musculaires en types I, IIA et IIX est la plus communément utilisée (cf. « Les fibres musculaires », Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande):



- fibres de type I, rouges, à vitesse de contraction lente et métabolisme principal oxydatif;
- fibres de type IIA, rouges, à vitesse de contraction intermédiaire et métabolisme oxydoglycolytique;
- fibres de type IIX, blanches, à vitesse de contraction rapide et métabolisme glycolytique.

La répartition des fibres musculaires de type I, IIA et IIX est variable selon le muscle considéré. On observe aussi un gradient intramusculaire : la proportion de fibres de type I est supérieure dans les parties antérieures et médianes des muscles; celle de fibres IIX est plus élevée dans les parties superficielles et postérieures.

Bien que de nombreuses études sur les relations entre types de fibres et tendreté n'aient pas permis de dégager de tendances nettes, on peut signaler que la composition en type de fibres est variable selon :

- la fonction du muscle : les muscles posturaux (cou, dos) sont plus riches en fibres de type I à l'inverse des muscles actifs (muscles locomoteurs par exemple) contenant davantage de fibres de type II;
- la localisation du muscle (avant ou arrière de l'animal) : il y a davantage de fibres de type I dans la partie avant (41 %) qu'à l'arrière de l'animal (31 %) ; pour les fibres de type IIX, la répartition est équivalente (37 à 38 %).

La tendreté des fibres évolue après la mort de l'animal au cours de la maturation\* de la viande (cf. Sous-fiche 3.1.6 *Tendreté de la viande et maturation*). Ce phénomène biologique naturel fragmente les protéines myofibrillaires par hydrolyse grâce à divers systèmes enzymatiques endogènes. Ceux-ci diffèrent selon leurs mécanismes d'action et de régulation (Gicquel et al, 2016); tous ne sont pas encore totalement connus. Ceux qui sont le plus souvent cités dans la bibliographie à ce jour sont :

- les calpaïnes, protéases régulées par les ions calcium et ayant pour inhibiteurs les calpastatines et les phospholipides; elles auraient un rôle déterminant dans le processus d'attendrissage\* des viandes;
- les cathépsines, dont l'activité est régulée par le pH et les cystatines (leurs inhibiteurs); elles n'auraient accès aux myofibrilles qu'au bout de 14 jours;
- le protéasome, dont la sous-unité 20S participerait au processus de maturation.

Le processus d'attendrissage des viandes résulte vraisemblablement de l'action synergique et complexe de plusieurs autres systèmes enzymatiques endogènes encore mal connus.

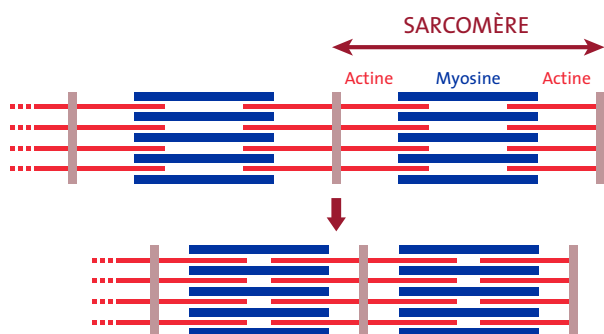


Figure n° 4 : État relâché (en haut) ou contracté (en bas) des sarcomères constituant les fibres musculaires

La maturation aboutit à des altérations de la structure du muscle par relâchement des liens entre fibres, ce qui favorise l'attendrissage des viandes. Elle entraîne aussi des modifications biochimiques de sa composition.

Les fibres blanches de type IIX ont une vitesse de maturation plus élevée que les fibres rouges de type I : leur pH chute plus vite, en lien avec leurs plus grandes réserves en glycogène (cf. « Les fibres musculaires », Fiche 1.3 *Le muscle et sa transformation en viande*). Une proportion plus forte de fibres de type IIX pourrait donc améliorer la tendreté de certains muscles en accélérant leur vitesse de maturation.

Enfin, l'état relâché ou contracté des fibres musculaires (cf. Figure n° 4) (cf. Fiche 1.3 *Le muscle et sa transformation en viande*) au moment de l'entrée en rigidité cadavérique (*rigor mortis*) conditionne également la bonne maturation ultérieure des viandes : le potentiel de tendreté est définitivement altéré si les fibres se trouvent à l'état contracté lors de cette phase, ce qui peut être le cas lors de l'application d'un froid trop intense (cf. Sous-fiche 3.1.4 *Tendreté de la viande et réfrigération*).

### LES LIPIDES INTRAMUSCULAIRES (PERSILLÉ)

Pour les morceaux à cuisson rapide, une viande persillée (riche en lipides intramusculaires) est généralement perçue comme plus tendre qu'une viande très maigre (cf. Figure n° 5). En effet,

- la matrice de collagène du muscle pourrait être déstructurée par un fort taux de lipides intramusculaires;
  - les lipides auraient un effet lubrificateur durant la mastication.
- D'autre part, le gras accroît la saveur de la viande. Or les perceptions de la qualité ne sont pas indépendantes : à dureté identique, le consommateur aura tendance à juger plus tendre une viande qui a du goût par rapport à une viande qui en a moins.

APPRÉCIATION DE LA TENDRETÉ EN FONCTION DU MUSCLE ET DU NIVEAU DE PERSILLÉ

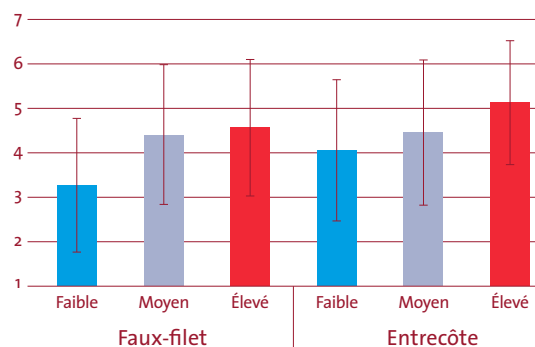


Figure n° 5 : La perception de la tendreté augmente avec le niveau de persillé (1 : me déplaît énormément à 7 : me plaît énormément) L'effet est significatif entre les niveaux de persillé élevé et faible (+1,1 à 1,3 point) : entre deux morceaux provenant de muscles et d'animaux comparables et ayant subi le même circuit de transformation, celui qui est le plus persillé paraît plus tendre. Enquête réalisée en 2017 auprès d'un jury de 300 consommateurs dans trois Régions (Attentes des consommateurs en matière de viande bovine, Interbev, Idele, mars 2017).

### 3. LES FACTEURS AMONT DE VARIATION DE LA TENDRETÉ DE LA VIANDE

Certains facteurs amont ont une influence sur la tendreté de la viande bovine. Hormis la variabilité individuelle, leur impact reste modéré par rapport au type de muscle et aux facteurs de l'aval.



#### PRÉDOMINANCE DE LA VARIABILITÉ INDIVIDUELLE SUR LA RACE

En raison de la diversité des systèmes d'élevage et des catégories d'animaux (cf. Fiche 1.1.4 L'élevage bovin français et ses débouchés), il ressort du peu d'études dans lesquelles le facteur race est étudié que les différences de tendreté entre races ne sont pas significatives. En effet, en raison d'une forte variabilité individuelle, l'écart de tendreté entre animaux d'une même race, et pour une catégorie donnée, est généralement plus élevé que l'écart moyen constaté entre races (cf. Figure n° 1). C'est pourquoi de grandes différences de tendreté peuvent être constatées entre animaux *a priori* semblables.

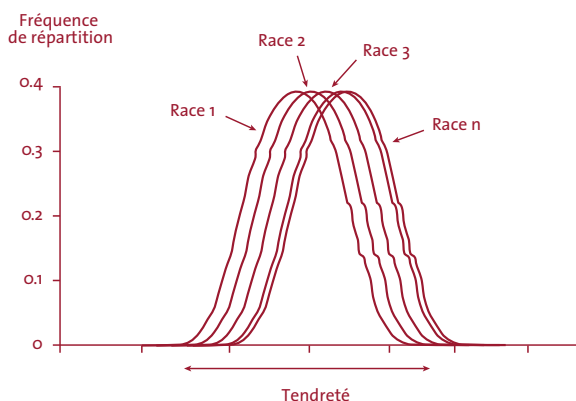


Figure n° 1: Illustration théorique de la variabilité individuelle et de la variabilité entre races du critère tendreté de la viande

Il faut toutefois noter deux exceptions: en moyenne,

- les races croisées zébu (*Bos indicus*) fournissent des viandes plus dures;
- la race Blanc Bleu Belge produit des viandes plus tendres: comparativement aux autres races, les muscles de ces animaux ont une moindre quantité de collagène, un collagène plus soluble et davantage de fibres blanches (type IIX, cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande).

L'expression du potentiel génétique de chaque individu joue un rôle primordial sur la tendreté. Cependant, le déterminisme génétique de la tendreté, lié à de nombreux gènes, n'est pas encore bien connu. Plusieurs programmes de recherche ont pour objectif l'identification d'associations entre expression de la tendreté et polymorphisme génétique. Des kits de génotypage, portant sur un nombre limité de gènes majeurs, ont été développés à l'étranger (notamment en Amérique du Nord) et sont particulièrement adaptés à la population bovine améri-

caine. En France, la tendreté de la viande bovine ne fait actuellement pas l'objet d'une sélection spécifique.

#### UNE PROPORTION SUPÉRIEURE DE VIANDE À CUISSON RAPIDE CHEZ LES ANIMAUX TRÈS BIEN CONFORMÉS

Les animaux les mieux conformés (classés U+ et E – cf. Fiche 1.2 Les caractéristiques des carcasses) et ceux de type culard offrent une proportion de viande à cuisson rapide plus élevée (cf. Figure n° 2), à cahier des charges de découpe identique (cf. Sous-fiche 3.1.7 Choix des morceaux, travail des viandes et tendreté). En effet, à poids de carcasse identique, les muscles de l'arrière (à cuisson rapide pour la très grande majorité, dont certains sont très tendres) sont plus développés chez ces animaux.

PROPORTION (%)	VACHE DE RÉFORME	ANIMAUX TRÈS BIEN CONFORMÉS
<b>VIANDE À CUISSON RAPIDE</b>	53,9	56,4
<b>dont extrêmement tendres</b>	21,9	29,5
<b>dont très tendres</b>	20,9	21,2
<b>dont tendres</b>	11,1	5,9
<b>VIANDE À CUISSON LENTE ET VIANDE À HACHER</b>	46,1	43,6

Figure n° 2: Proportion de viande à cuisson rapide ou lente selon la conformation (Leroux, 1983)

L'extension de découpe\* qui est une pratique du travail des viandes, est plus rentable sur ces carcasses; elle permet d'augmenter d'environ dix points la part des morceaux à cuisson rapide (cf. Sous-fiche 3.1.7 Choix des morceaux, travail des viandes et tendreté).

Les animaux de race à viande étant généralement bien conformés, ces races sont parfois réputées offrir une proportion supérieure de viande à cuisson rapide par rapport aux races laitières, et par généralisation, plus de viande tendre. Si, en effet, la quantité de viande à cuisson rapide est plus élevée, en moyenne, dans les carcasses d'animaux de race à viande, la proportion de viande à cuisson rapide varie peu dans le total de la viande commercialisable, quelle que soit la conformation des animaux (à l'exception des animaux les mieux conformés et des culards). Cependant, l'impact du cahier des charges de découpe peut modifier significativement les proportions de viande à cuisson rapide et à cuisson lente obtenues.

## UNE TENDANCE À LA DIMINUTION DE LA TENDRETÉ À L'ÂGE ADULTE

De façon générale, la tendreté de la viande bovine évolue peu dans le jeune âge. Elle a ensuite tendance à diminuer lorsque l'animal se rapproche de l'âge adulte, pour se stabiliser une fois l'âge adulte atteint<sup>1</sup> (Oury et al, 2007). L'effet de l'âge est à nuancer avec la précocité des animaux, c'est-à-dire leur aptitude à atteindre plus rapidement l'âge adulte (cf. Fiche 1.2 Les caractéristiques des carcasses), car le vieillissement du collagène a tendance à se produire plus tôt chez les animaux précoces.

La différence de tendreté selon l'âge à l'abattage est surtout constatée lors de la comparaison de jeunes animaux (veaux en particulier) à des gros bovins adultes. Elle résulte d'une augmentation du taux de collagène musculaire, d'une diminution de sa solubilité (par complexification et rigidification du réseau) et d'un accroissement de la proportion de fibres rouges à vitesse de maturation lente. L'impact de ce phénomène est plus important pour les muscles riches en collagène ; il peut être compensé par une augmentation parallèle du persillé (gras intramusculaire, cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande), grâce aux conditions d'élevage.

### PAS D'EFFET DE L'ÂGE CHEZ LES JEUNES BOVINS ENTRE 16 ET 24 MOIS

La tendreté de la viande pourrait se dégrader après 2 ans, mais ne semble pas affectée par l'âge à l'abattage chez les jeunes bovins entre 16 et 24 mois. Par exemple, aucune différence de tendreté n'a été mise en évidence entre des faux-filets de jeunes bovins âgés de 16 à 24 mois à l'abattage (cf. Figure n° 3).

### LA VIANDE DE GÉNISSE UN PEU PLUS TENDRE EN MOYENNE QUE CELLE DES VACHES

Chez les génisses, toutes choses égales par ailleurs, la tendreté ne baisse pas significativement selon l'âge à l'abat-

	ÂGE À L'ABATTAGE DES JEUNES BOVINS		
	16 mois	19 mois	24 mois
NOTE DE TENDRETÉ	5,8	5,9	5,9

Figure n° 3 : Tendreté du faux-filet de jeunes bovins appréciée par un jury d'experts (notes de 0 : très tendre, à 10 : très dur) selon l'âge à l'abattage (Dransfeld et al, 2003)

tage entre 12 et 35 mois. La tendreté semble diminuer ensuite, et la viande de vache semble un peu plus dure que celle des génisses, ce qui est illustré par les résultats (cf. Figure n° 4).

NOTE DE TENDRETÉ	GÉNISSES (BLONDES D'AQUITAINE, < 48 MOIS)	VACHES (NORMANDES, 6-7 ANS)
Faux-filet	5,0 ± 1,2	4,5 ± 1,3
Rond de gîte	5,1 ± 1,0	3,6 ± 1,2

Figure n° 4 : Tendreté de la viande de génisses et de vaches appréciée par un jury d'experts (notes de 1 : moins tendre, à 7 : très tendre) (Haurez, 1988)

### PAS D'EFFET DE L'ÂGE CHEZ LES VACHES DE RÉFORME

À état d'engraissement équivalent, l'âge ne semble pas avoir d'effet sur la tendreté de la viande des vaches de réforme laitières ou allaitantes.

Par exemple, une étude de l'Institut de l'Élevage n'a pas mis en évidence de différence entre des faux-filets de vaches de réforme Normandes de moins de 5 ans ou de 9 à 11 ans (cf. Figure n° 5). Des résultats similaires ont été observés pour des faux-filets de vaches de réforme Limousines de moins de 5 ans ou de 15 à 17 ans.

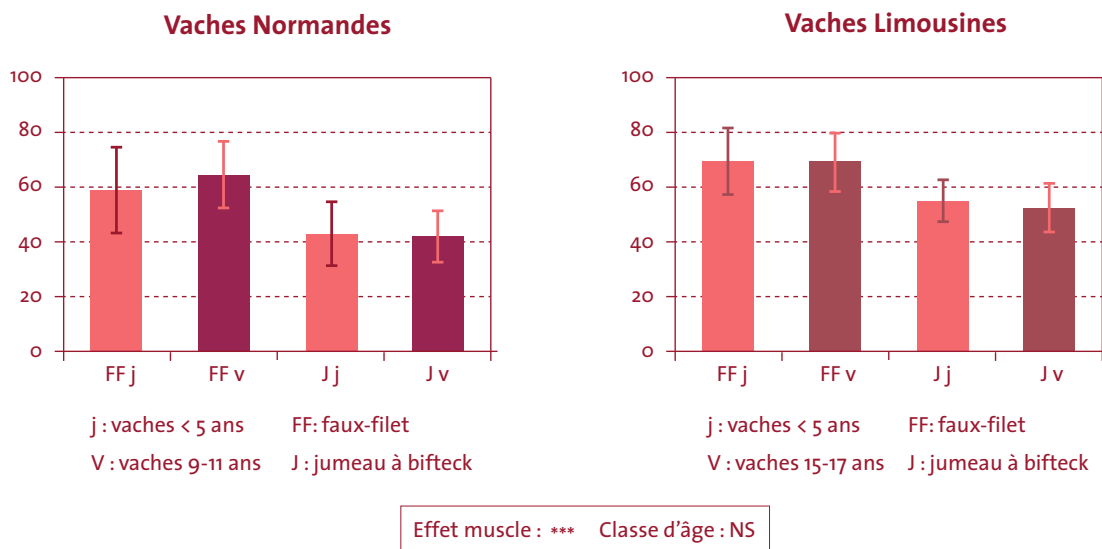


Figure n° 5 : Note de tendreté moyenne par âge et par muscle (\*\*\* effet très significatif ; NS non significatif) de viande de vache (Bastien et al, 2002)

1. L'âge adulte se caractérise, entre autres, par l'atteinte d'un format, d'une morphologie et d'une composition tissulaire donnés, ainsi que l'acquisition de diverses fonctions (digestives et reproductives en particulier).

L'âge à l'abattage ne permet donc pas de garantir un niveau de tendreté donné pour les vaches.

### LA VIANDE DES FEMELLES UN PEU PLUS TENDRE QUE CELLE DES MÂLES AU MÊME ÂGE

À même âge et pour un même type génétique, les femelles fournissent, en moyenne, une viande un peu plus tendre que celle des mâles entiers (les résultats de l'étude ci-dessous montrent en effet une tendreté significativement supérieure chez les génisses, comparativement aux JB\*). La castration ayant une influence sur la précocité (en accélérant le moment où l'âge adulte est atteint), il est généralement admis que la viande des mâles castrés occupe une position intermédiaire en termes de tendreté (les résultats de l'étude ci-dessous n'ont pas mis en évidence de différence significative entre bœufs et génisses) (cf. Figure n° 6).

BOVINS LIMOUSINS DE 24 MOIS	JB	BŒUFS	GÉNISSES
NOTE DE TENDRETÉ (0 À 10)	4,9 <sup>a</sup>	6,4 <sup>b</sup>	6,6 <sup>b</sup>

Figure n° 6 : Note de tendreté moyenne par catégorie pour des bovins limousins de 24 mois. Les lettres a et b indiquent des moyennes significativement différentes (Satellite Tendreté, journées 3R 2011)

D'autre part, l'effet du sexe prime généralement sur celui de l'âge à l'abattage en matière de tendreté de la viande bovine.

### LA CATÉGORIE DES BOVINS NE PERMET PAS DE PILOTER LA TENDRETÉ

La catégorie combine l'âge et le sexe des animaux (cf. Fiche 1.2 Les caractéristiques des carcasses) : les différences de tendreté entre catégories d'animaux sont donc logiquement liées à la fois à l'effet de l'âge et à celui du sexe, et sont essentiellement dues à la quantité et à l'état du collagène.

Comparés à des vaches, les jeunes bovins présentent l'avantage d'être moins âgés, mais l'inconvénient des mâles entiers. Ces deux catégories sont finalement proches sur le plan de la tendreté (cf. Figure n° 7), car compte tenu de la forte variabilité individuelle, aucune tendance générale ne se dégage : pour certains morceaux, la viande fournie par les vaches est plus tendre que celle fournie par les jeunes bovins ; pour d'autres morceaux, c'est l'inverse ; pour d'autres morceaux encore, il n'y a pas de différence de tendreté.

Plus globalement et en moyenne sur de grandes populations, peuvent être classés du plus tendre au moins tendre : les génisses, les bœufs, et enfin les vaches et les jeunes bovins. Ce classement doit cependant être relativisé, car ces moyennes masquent une forte variabilité individuelle : le choix d'un animal d'une catégorie donnée ne peut donc pas garantir la tendreté de sa viande. En effet, toutes les catégories d'animaux sont susceptibles de fournir des carcasses à viande dure et des carcasses à viande tendre.

### PAS D'EFFET MAJEUR DE LA CONDUITE ALIMENTAIRE SUR LA TENDRETÉ

L'alimentation d'un animal est caractérisée par le niveau d'apports alimentaires (aspect quantitatif) et la nature de la ration (aspect qualitatif). Elle n'a pas d'impact sur les deux composantes majeures de la tendreté de la viande bovine (solubilité du collagène et type des fibres musculaires). Elle peut en revanche avoir un effet indirect plus marqué sur la perception de la tendreté en modifiant la composition des muscles au travers de l'état d'engraissement de l'animal.

### ÉTAT D'ENGRASSEMENT

La conduite alimentaire conditionne l'état d'engraissement, notamment les quantités de gras de couverture et de gras interne présents dans la carcasse. Jouant un rôle d'isolant thermique, le gras de couverture et le gras intermusculaire ralentissent la vitesse de réfrigération de la carcasse lors du ressuage, protégeant les muscles contre d'éventuelles contractures au froid (cf. Sous-fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération). L'impact de l'état d'engraissement sur la préservation du potentiel de tendreté des muscles périphériques, a priori plus exposés, n'a cependant pas été mis en évidence.

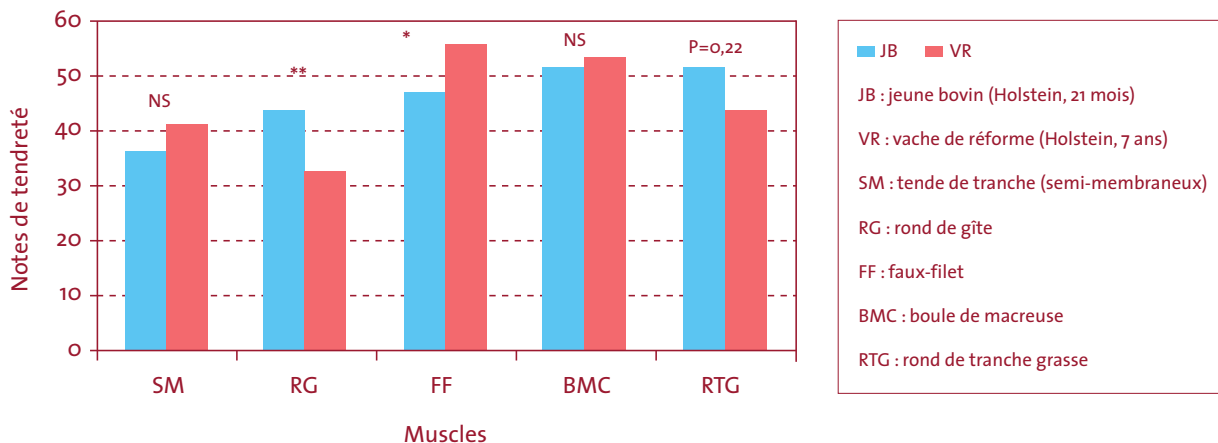


Figure n° 7 : Tendreté moyenne de cinq muscles issus de jeunes bovins ou de vaches de réforme (Tribot-Laspière, 2008)

Enfin, la perception de la tendreté de la viande augmente avec son taux de gras intramusculaire ou persillé (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande) : éviter la production d'animaux maigres, non finis, ne peut qu'aller dans le sens d'une plus grande tendreté. Un niveau de persillé suffisant ne peut cependant pas être garanti par un état d'engraissement donné, même considéré comme optimum (cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande).

**UNE VITESSE DE CROISSANCE ÉLEVÉE FAVORABLE À LA TENDRETÉ ?**

Les éléments constituant le collagène se renouvellent en permanence. Certains essais, dont les résultats ne sont pas toujours convergents, ont montré que la formation d'un nouveau collagène, très soluble, serait favorisée par une augmentation du rythme de croissance de l'animal, via une alimentation riche en énergie. Ce serait notamment le cas lors d'une croissance compensatrice, qui s'observe souvent après une reprise de croissance permettant à l'animal de rattraper plus ou moins sa courbe de croissance initiale lors de la phase de finition\* : on peut citer l'exemple classique d'une alimentation hivernale restreinte en quantité, à base de fourrage grossier par exemple, suivie de la mise à l'herbe. Ces écarts seraient toutefois très faibles et affectent peu les muscles tendres (à cuisson rapide), moins riches en collagène. L'augmentation du niveau des apports alimentaires s'accompagnerait également d'une hausse de la proportion de fibres musculaires glyco-

lytiques à maturation plus rapide, favorisant la tendreté, au détriment de la proportion de fibres lentes.

Par ailleurs, une vitesse de croissance élevée permet d'abattre des animaux plus jeunes et donc potentiellement plus tendres, car les objectifs de format ont été atteints plus rapidement (cf. paragraphe précédent « Une tendance à la diminution de la tendreté à l'âge adulte »).

**PAS D'INFLUENCE NETTE DE LA NATURE DE LA RATION À MÊME NIVEAU D'APPORT ALIMENTAIRE**

Les diverses études à ce sujet donnent des résultats contradictoires et souvent liés à la combinaison de la nature et du niveau d'apport de la ration. Mais à apport énergétique équivalent, la nature du régime alimentaire (herbe, ensilage de maïs, etc.) n'a pas d'influence nette sur la tendreté de la viande (cf. Figure n° 8).

**LES CONDITIONS AVANT ABATTAGE**

Parfois dénommées conditions de pré-abattage, les conditions avant abattage débutent dès l'arrêt des conditions habituelles d'élevage des animaux pour se terminer au moment de leur abattage : modification de l'alimentation avant départ, chargement, transport, déchargement, attente en bouverie, etc. (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande). Les conditions avant abattage agissent sur la qualité de la viande au sens large. Lorsqu'elles sont défavorables, elles ont surtout un effet sur le pH ultime de la carcasse, dont la valeur reste plus élevée (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande). Il y a également dans ce cas un effet indirect sur la couleur de la viande (plus foncée) et sa durée de conservation (moins longue). Il est donc particulièrement important de placer les animaux dans de bonnes conditions pendant cette période précédant leur abattage.

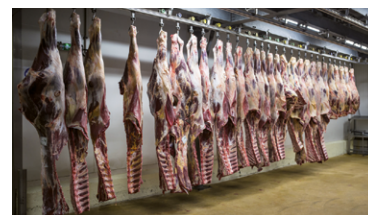
Quelques travaux ont étudié l'impact direct des conditions avant abattage sur la tendreté, sans établir de lien significatif. Les viandes à pH élevé auraient cependant une maturation anormale en raison de la diminution de l'activité de certaines enzymes (cathepsines), aboutissant à une texture plus ferme ; on parle dans ce cas de viandes DFD : Dark, Firm and Dry, c'est-à-dire foncées, fermes et sèches (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande).

	ESSAI 1		ESSAI 2		EFFET RÉGIME
	Ensilage maïs	Foin	Ensilage maïs	Foin	
<b>EFFECTIF</b>	15	15	13	13	
<b>TENDRETÉ<sup>1</sup></b>	63	62	59	59	Non significatif
<b>1: Dégustation par un jury d'experts : notes de 0 (très dur) à 100 (très tendre)</b>					

Figure n° 8 : Comparaison de l'effet de deux régimes alimentaires sur la tendreté du faux-filet de génisses Charolaises (Idele et Chambre Agriculture Saône-et-Loire – station de Jalogny, 1997-1998)

## 4. TENDRETÉ DE LA VIANDE ET RÉFRIGÉRATION

La surveillance de la cinétique de diminution de la température des carcasses et en particulier celle de leur température à cœur (cf. Fiche 5.1.2 Mesure de la température de la viande) est primordiale afin de concilier respect de la réglementation, stabilisation bactériologique et maintien du potentiel de tendreté.



Le refroidissement des carcasses est indispensable à la bonne conservation des viandes, car il limite les développements microbiens et permet ainsi la maîtrise des risques sanitaires. Le ressuage\*, ou première réfrigération, correspond à la phase pendant laquelle la température des carcasses passe de 35-38 °C en fin d'abattage à 7 °C à cœur. Cette étape débute généralement dans un délai de trente minutes à une heure après l'abattage. L'étape suivant le ressuage est celle de la conservation ou stockage. La température et la tendreté sont étroitement liées au travers de la cinétique de la chute du pH (passant de 7 à moins de 6) dans les premières heures *post mortem*.

### EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES SUR LA RÉFRIGÉRATION DES CARCASSES ET DES VIANDES

Compte tenu de leur importance sanitaire, les conditions de réfrigération de la viande sont strictement réglementées.

L'annexe III du règlement (CE) n° 853/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant des règles spécifiques d'hygiène applicables aux denrées alimentaires d'origine animale indique que :

- « l'inspection *post mortem* doit être suivie immédiatement d'une réfrigération dans l'abattoir afin d'assurer, dans toutes les parties de la viande, une température ne dépassant pas 3 °C pour les abats et 7 °C pour les autres viandes, selon une courbe assurant une diminution continue de la température. Toutefois, les viandes peuvent être coupées et désossées pendant la réfrigération »... « avant d'avoir atteint les températures prévues [...] lorsque l'atelier de découpe se trouve sur le même site que les abattoirs. Dans ce cas, les viandes doivent être transférées à la salle de découpe soit directement des locaux d'abattage, soit après une période d'attente dans un local de refroidissement ou de réfrigération » ;
- « lors du processus de réfrigération, une ventilation adéquate doit être assurée afin d'empêcher toute condensation sur les viandes » ;
- « les viandes doivent atteindre et conserver la température stipulée [3 °C pour les abats et 7 °C pour les autres viandes] avant le transport et pendant celui-ci ».

Le règlement (UE) 1981/2017 de la Commission du 31 octobre 2017 a toutefois modifié ces dispositions par dérogation et sur autorisation préalable pour le transport de carcasses, demi-carcasses, quartiers entiers ou découpés en trois morceaux de gros, qui peuvent présenter une température à cœur supérieure à 7 °C au moment du chargement et

pendant le transport, sous réserve, entre autres, que :

- leur température de surface soit inférieure ou égale à 7 °C au moment du chargement puis pendant le transport d'une durée maximale de six heures (avec un délai maximum abattage-abaissement de la température de surface à 7 °C d'au plus vingt heures) ;
- leur température à cœur soit inférieure ou égale à 15 °C et leur température de surface inférieure ou égale à 4 °C au moment du chargement puis pendant le transport d'une durée maximale de soixante heures (avec un délai maximum abattage-abaissement de la température de surface à 4 °C d'au plus vingt-quatre heures).

### RÉFRIGÉRATION ET TENDRETÉ DES VIANDES

La rigidité cadavérique (*rigor mortis*) s'installe pendant le ressuage. Après la saignée, le muscle perd ses propriétés contractiles et sa capacité à se relâcher par épuisement de ses réserves énergétiques (cf. Figures n° 1 et 2) ; l'accumulation d'acide lactique entraîne la chute de son pH de 7 (à l'état vivant) à 5,6 environ (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande).

L'évolution du couple température-pH à l'entrée en *rigor mortis*, pendant l'étape de ressuage, conditionne largement la tendreté ultérieure de la viande. En effet, la capacité de maturation\* des viandes dépend de l'état relâché ou contracté des fibres musculaires à ce moment (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) : le potentiel de tendreté est définitivement altéré si les fibres se trouvent à l'état contracté lors de cette phase.

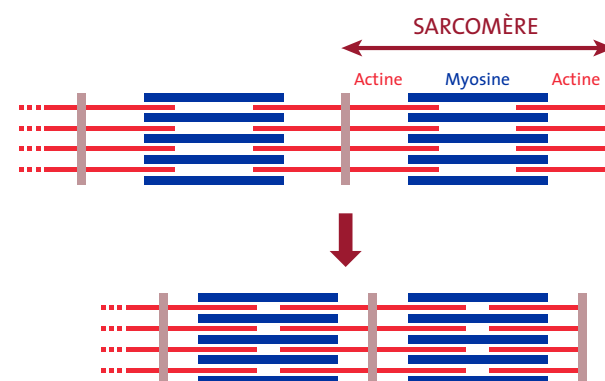


Figure n° 1 : État relâché (en haut) ou contracté (en bas) des fibres musculaires

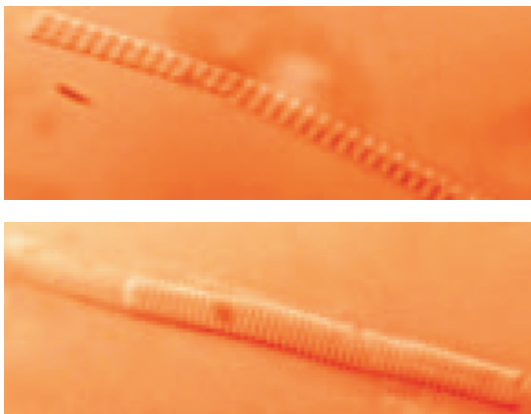


Figure n° 2 : Myofibrilles bovines vues au microscope (grossissement 1 500 fois, P.-A. Dufey, Agroscope)

**RISQUE DE CRYOCHOC\* OU CONTRACTURE AU FROID**

Une réfrigération trop lente entraîne des risques de putréfaction profonde (phénomène rare de nos jours) (cf. Figure n° 3); c'est le cas, par exemple, de carcasses lourdes refroidies dans des frigos surchargés. La putréfaction profonde est une lésion qui apparaît dans les masses musculaires internes de carcasses maintenues à des températures supérieures à 30 °C. Elle est due au développement très rapide de bactéries anaérobies putréfiantes provenant du tractus intestinal des animaux, en particulier *Clostridium perfringens*.

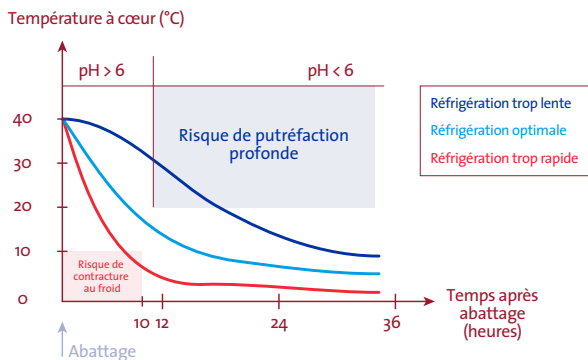


Figure n° 3 : Le refroidissement des carcasses : un compromis entre risque sanitaire et risque technologique (cryochoc ou contracture au froid)

À l'inverse, une réfrigération trop rapide et/ou trop intense des carcasses pendant le ressuage a tendance à freiner la chute de pH : elle peut induire une contraction importante des fibres musculaires, appelée « contracture au froid », « cryochoc » ou encore « cold shortening ». Le cryochoc se produit quand la température à l'intérieur du muscle descend en-dessous de 10 °C alors que le pH est encore supérieur à 6, et qu'il reste encore assez d'énergie dans le muscle pour d'éventuelles contractions dues au froid. De plus, la viande bovine comporte beaucoup de fibres musculaires oxydatives (type I, majoritaire dans les muscles « rouges », plus pauvres en glycogène) pour lesquelles la chute de pH est plus lente en raison de réserves moindres en glycogène (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) : les muscles « rouges » sont donc plus à risque.

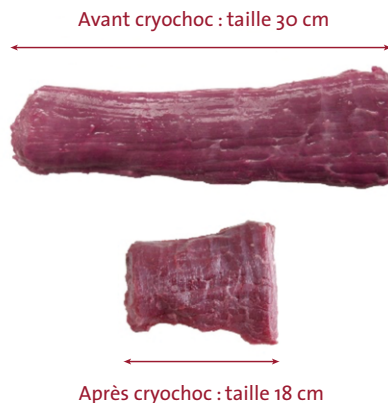


Figure n° 4 : Aspect d'un muscle du cou (*sternomandibularis*) Muscle isolé de la carcasse, avant et après cryochoc expérimental (par exposition à une température inférieure à 10 °C pendant 24 heures, ayant débuté à l'entrée en rigor mortis; ALP n° 19, Agroscope, 2005).

Refroidi trop rapidement et/ou trop intensément, le muscle se contracte : sa taille peut se réduire de 20 à 60 % selon la température et le muscle (le faux-filet serait plus exposé). Les photos ci-dessus (cf. Figure n° 4) illustrent le phénomène de cryochoc, obtenu en conditions expérimentales, sur un muscle extrait de la carcasse (en pratique, l'amplitude de la contraction serait moindre car sur la carcasse, les muscles sont attenants les uns aux autres, reliés au squelette et protégés par les tissus graisseux et conjonctif).

Dans ce cas, le potentiel de maturation du muscle est définitivement altéré car les fibres musculaires sont entrées en rigidité cadavérique à l'état contracté au moment de la réfrigération. Le blocage irréversible des liaisons protéiques au sein des fibres musculaires provoqué par le cryochoc entraîne alors un durcissement systématique des viandes (cf. Figure n° 5).

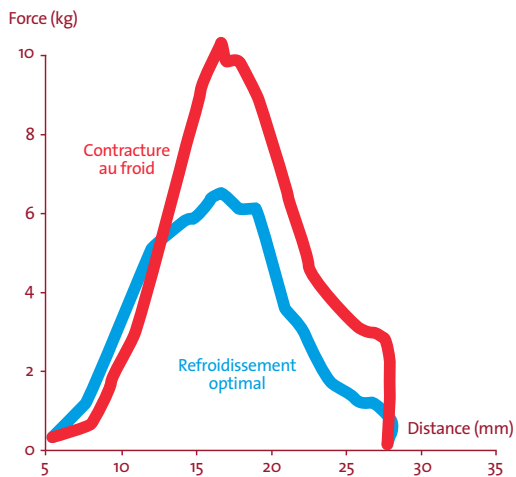


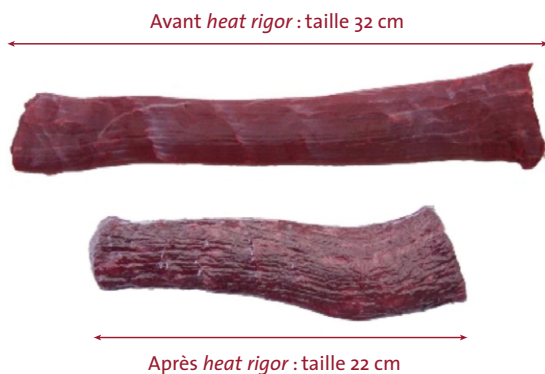
Figure n° 5 : Évaluation instrumentale de la tendreté de la viande. Le point le plus haut montre la force maximale appliquée (kg), correspondant au niveau de tendreté minimal de la viande. Évaluation par mesure de la force de cisaillement sur un muscle du cou (*sternomandibularis*) isolé de la carcasse, refroidi de façon optimale ou après cryochoc expérimental (exposition à une température inférieure à 10 °C pendant 24 heures, ayant débuté à l'entrée en rigor mortis; ALP n° 19, Agroscope, 2005).

Le cryochoc est le risque le plus fréquent de contracture liée à la température. Il est favorisé par :

- l'application d'un régime de réfrigération trop rapide et/ou intense (frigos plus froids en début de production, volonté de limiter les pertes de poids par évaporation, etc.);
- une stimulation électrique\* d'intensité trop faible (cf. paragraphe suivant);
- un faible état d'engraissement des carcasses, ou leur émoussage trop poussé (cf. paragraphe « Impact de l'émoussage\* des carcasses sur la tendreté »);
- des carcasses de poids et/ou conformation faibles.

**RISQUE DE « HEAT RIGOR\* »**

L'exposition à des températures trop élevées peut aussi avoir des conséquences néfastes sur la tendreté. Elle peut entraîner une diminution trop rapide du pH par rapport à celle de la température, d'où l'apparition d'un phénomène de contracture appelé « heat rigor » ou « heat shortening ». Le muscle subit un raccourcissement plus rapide, mais moins fort (de 20 à 40 %) que dans le cas du cryochoc. Les photos ci-dessous (cf. Figure n° 6) illustrent le phénomène de heat rigor, obtenu en conditions expérimentales, sur un muscle extrait de la carcasse (en pratique, l'amplitude de la contraction serait moindre car sur la carcasse, les muscles sont attenants les uns aux autres, reliés au squelette et protégés par les tissus graisseux et conjonctif).



**Figure n° 6 : Aspect d'un muscle du cou (sternomandibularis)**  
Muscle isolé de la carcasse, avant et après heat rigor expérimental (exposition à une température supérieure à 25 °C pendant 24 heures, ayant débuté à l'entrée en rigor mortis; ALP n° 19, Agroscope, 2005).

Le potentiel d'attendrissage de la viande est alors détérioré, probablement par libération anticipée et dégradation d'une catégorie d'enzymes responsables de la maturation, les calpaïnes. Une étude menée sur faux-filet de JB\* a ainsi mis en évidence une dureté plus élevée, ainsi qu'une diminution de la longueur des sarcomères et des capacités de maturation ultérieures, après un début de ressuage à 35 °C durant trois heures (cf. Figure n° 7). Le heat rigor semble moins fréquent que le cryochoc. Il est favorisé par :

- un régime de réfrigération insuffisant ou trop lent (frigos surchargés, mélange de carcasses en cours de ressuage et stockage);
- une stimulation électrique\* trop intense (cf. paragraphe suivant);
- des carcasses de poids et/ou conformation élevé(s);
- le désossage à chaud (les muscles n'étant plus reliés au squelette).

**EFFETS DE LA STIMULATION ÉLECTRIQUE DES CARCASSES SUR LA TENDRETÉ**

**PRÉVENTION DU RISQUE DE CRYOCHOC ET MAINTIEN DU POTENTIEL DE TENDRETÉ DES VIANDES**

Le procédé de stimulation électrique, bien maîtrisé et couplé à un système de refroidissement adapté, permet de limiter le risque de cryochoc (cf. Figure n° 8). Son principe est de forcer les muscles à se contracter en début de chaîne d'abattage, ce qui provoque un épuisement de leur stock d'énergie empêchant ensuite leur contraction en présence de froid.

La stimulation électrique entraîne ainsi l'accélération de la chute du pH et celle de l'entrée en rigor mortis, qui peut être vérifiée par l'impossibilité du pliage de l'épaule (cf. norme Afnor V46 001, décembre 1996). En revanche, elle n'agit pas sur la valeur du pH ultime, qui est atteint plus tôt, environ dix heures après l'abattage (contre 24 à 48 heures), ni sur la couleur des viandes.

Un régime de froid intense (réfrigération et même congélation) peut ensuite être appliqué sans risque de cryochoc.

Ainsi, en limitant le risque de cryochoc, la stimulation électrique concourt à préserver le potentiel de tendreté des viandes, mais ne permet pas d'améliorer la tendreté. Dans

CONDITIONS DE RESSUAGE APPLIQUÉES JUSTE APRÈS ABATTAGE	0 °C PENDANT 24 HEURES		35 °C PENDANT 3 HEURES PUIS 0 °C PENDANT 21 HEURES	
	3 jours	7 jours	3 jours	7 jours
DURÉE DE STOCKAGE (4 °C)				
LONGUEUR DES SARCOMÈRES (µm) <sup>1</sup>	-	1,87 (a)	-	1,66 (b)
TEST DE CISAILLEMENT DE WARNER-BRATZLER (KG FORCE) <sup>2</sup>	7,4 (c)	7,0 (d)	8,0 (e)	7,8 (e)
NOTE DE TENDRETÉ <sup>3</sup>	5,5 (f)	5,6 (f)	5,1 (g)	5,0 (g)

1: (a), (b): moyennes significativement différentes  
 2: 1 kg force = 9,81 N; (c), (d), (e): moyennes significativement différentes  
 3: Note de 1 (très dur) à 8 (très tendre); (f), (g): moyennes significativement différentes

**Figure n° 7 : Effet de la température appliquée pendant le ressuage sur la tendreté de faux-filet issus de vingt JB de race Hereford après trois ou sept jours de stockage (Lee et Ashmore, 1985)**

1. Plaquette Interbev, Idele « Traitements électriques en abattoir, atouts et conditions de mise en œuvre », C. Bièche-Terrier, 2018



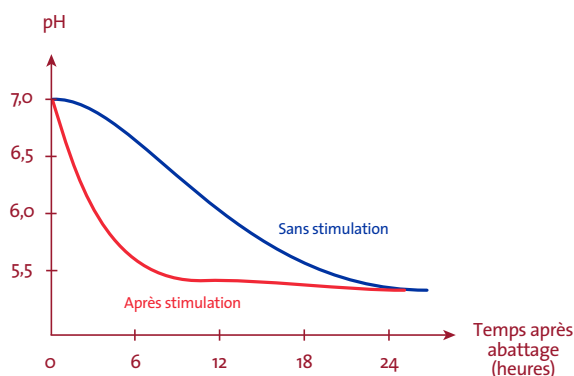


Figure n° 8 : Évolution du pH de la carcasse avec ou sans stimulation électrique

les résultats ci-dessous (cf. Figure n° 9), les viandes issues de carcasses n'ayant pas subi de stimulation électrique ont vu leur potentiel de tendreté se détériorer du fait de contractures au froid, contrairement à celles issues de carcasses stimulées électriquement.

	NOTE DE TENDRETÉ <sup>1</sup>	
	Sans stimulation électrique	Avec stimulation électrique <sup>2</sup>
<b>BOULE DE MACREUSE</b>	2,2	3,4
<b>FAUX-FILET</b>	3,0	3,7
<b>ROND DE GÎTE</b>	2,0	2,9
<b>BAVETTE DE FLANCHET</b>	2,1	3,0

1: Note de 1 (très dur) à 5 (très tendre)  
2: Basse tension, application quelques minutes après l'abattage

Figure n° 9 : Évaluation de la tendreté sans stimulation électrique ou après la stimulation électrique (ITEB, 1983)

### RISQUE DE HEAT RIGOR

L'usage de la stimulation électrique sur des carcasses lourdes et/ou sous un régime de refroidissement lent peut cependant conduire à des cas de *heat rigor* (cf. paragraphe précédent), à cause d'une diminution trop rapide du pH par rapport à la température. Ce risque peut être maîtrisé en vérifiant que la température des carcasses est inférieure à 35 °C (température prise à cœur dans le faux-filet, à hauteur de la 13<sup>e</sup> côte<sup>2</sup>) lorsque le pH atteint la valeur de 6,0.

### IMPACT DE L'ÉMOUSSAGE\* DES CARCASSES SUR LA TENDRETÉ

L'émoissage des carcasses est pratiqué avant le classement et consiste à éliminer une partie du gras superficiel en des sites anatomiques définis réglementairement, sans mettre les muscles à nu (cf. Fiche 1.2 Les caractéristiques des carcasses). Il pourrait avoir un impact sur la tendreté finale de la viande en

favorisant le risque de cryochoc: il limite en effet l'importance de la couverture de gras sous-cutané jouant un rôle d'isolant thermique, et accélère légèrement la chute de la température dans les muscles sous-jacents aux zones émoissées. Même si l'impact de l'émoissage sur la préservation du potentiel de tendreté des muscles périphériques, *a priori* plus exposés, n'a pas été mis en évidence, il est recommandé de pratiquer l'émoissage avec soin et sans excès, surtout dans le cas d'animaux maigres.

### CONSERVATION DE LA VIANDE ET TENDRETÉ

Le muscle poursuit sa transformation en viande au cours de la conservation, par l'action de différents systèmes enzymatiques qui dégradent les protéines des fibres musculaires: c'est la maturation (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande). Les enzymes ont une activité d'autant plus importante que la température du milieu est élevée: la maturation est 2,5 fois plus rapide à 10 °C qu'à 0-2 °C.

Pour des raisons sanitaires, la conservation en régime réfrigéré a généralement lieu à une température inférieure à 4 °C; la durée de stockage doit donc être suffisante (au minimum sept jours pour les morceaux à cuisson rapide\*) pour atteindre un degré de tendreté satisfaisant. Pour certains muscles, l'amélioration de la tendreté se poursuit d'ailleurs bien au-delà des 14 jours considérés comme permettant un degré de maturation acceptable (cf. Sous-fiche 3.1.6 Tendreté de la viande et maturation).

### RECOMMANDATIONS

La norme Afnor V46 001 (décembre 1996), qui définit les conditions de valorisation du potentiel de tendreté des viandes de gros bovins, ne détermine pas précisément les conditions de réfrigération optimales (température ambiante, vitesse de l'air), mais précise cependant que :

- « après préparation en hall d'abattage, les carcasses doivent être placées immédiatement en chambre froide pour l'opération de ressuage » auquel « une attention particulière doit être portée »; le ressuage doit donc être piloté avec soin (ne doit pas se faire trop vite ni sans précaution), en évitant le « mélange de carcasses de températures trop différentes » pour « proscrire tout dépôt de condensation sur les carcasses »;
- en cas de réfrigération lente, « la température de la viande ne doit pas descendre à moins de +10 °C tant que le pH est supérieur à 6,0 ce qui est équivalent à une durée de 10 heures » (température prise à cœur dans le faux-filet, à hauteur de la 13<sup>e</sup> côte); « Elle doit, par ailleurs, descendre à +7 °C à cœur, au plus en 36 heures »;
- en cas de réfrigération rapide, pour limiter le risque de contracture au froid (cf. paragraphe précédent) « les carcasses doivent être stimulées électriquement [...] efficacement, pour permettre une baisse suffisamment rapide du pH. Cette efficacité sera vérifiée par une appréciation de l'installation de la *rigor mortis* (impossibilité du pliage de l'épaule), ce qui équivaut à un pH inférieur à 6,2 [...]. La réfrigération rapide doit toutefois éviter la congélation superficielle des carcasses ».

2. Plaquette Interbev, Idele « Traitements électriques en abattoir, atouts et conditions de mise en œuvre », C. Bièche-Terrier, 2018.

En pratique, en l'absence de stimulation électrique, il est recommandé pour l'étape de ressuage :

- de refroidir immédiatement les carcasses après abattage, pour que leur température soit comprise entre 10 et 20 °C dans les dix premières heures ; des températures plus élevées exposent les carcasses à un risque de *heat rigor* (voire de putréfaction profonde) ;
- de ne pas appliquer une température inférieure à 10 °C au sein des muscles pour atteindre les 7 °C maximum réglementaires en tous points, tant que le pH est supérieur à

6,0, ce qui équivaut à un délai d'une dizaine d'heures, tout en veillant aux muscles superficiels plus exposés au risque de cryochoc (et ce d'autant qu'ils ont été émoussés, cf. paragraphe précédent) ;

- les produits doivent ensuite être maintenus à une température maximale à cœur de 7 °C pendant l'étape de conservation ou stockage ; les carcasses chaudes, en cours de ressuage, ne doivent donc pas être mélangées avec les carcasses froides en cours de stockage : c'est pourquoi ces deux opérations se déroulent dans des locaux différents.

## 5. TENDRETÉ DE LA VIANDE ET MODE DE SUSPENSION DES CARCASSES

Les carcasses sont classiquement accrochées par le tendon d'Achille sur la chaîne d'abattage. Il existe un autre mode de suspension, très peu utilisé en France : la suspension pelvienne, qui consiste à accrocher les carcasses par le bassin.



### PRINCIPE DE LA SUSPENSION PELVIENNE

La suspension pelvienne (cf. Figure n° 1) fait partie des techniques de type « tenderstretch » (littéralement attendrissage par étirement). Elle consiste à faire entrer en *rigor mortis*

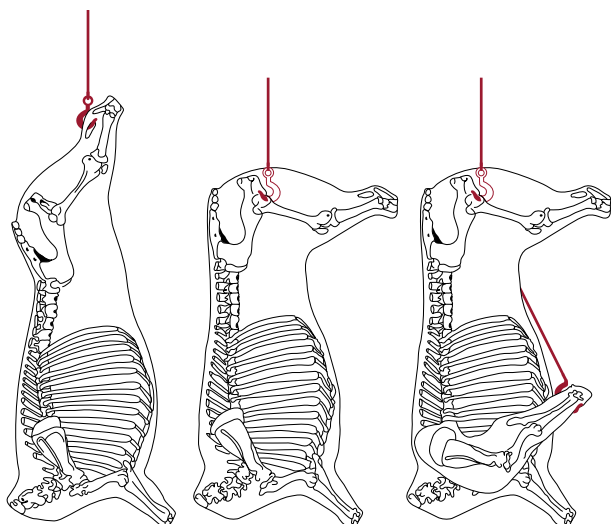


Figure n° 1 : La suspension des carcasses. Généralement suspendues par le tendon d'Achille (à gauche) ou par le bassin (suspension pelvienne, au milieu ; à droite, variante très peu utilisée).

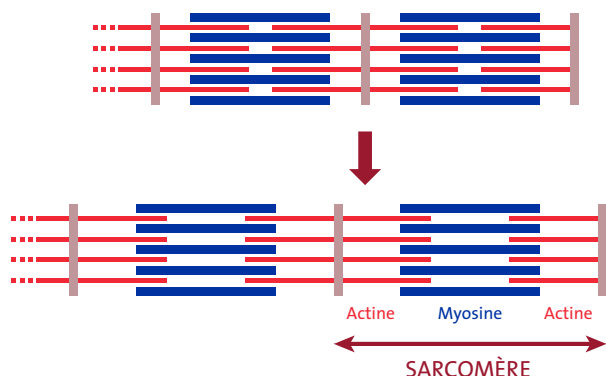


Figure n° 2 : Allongement des sarcomères obtenu par la technique de suspension pelvienne

les fibres musculaires en position étirée, ce qui provoque un allongement des sarcomères (unités contractiles musculaires, (cf. Figure n° 2 et cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande), un relâchement des muscles et une augmentation de la tendreté des viandes à la dégustation. Elle concerne la plupart des muscles de la cuisse, mais aussi certaines parties du dos et des flancs.

Une variante de la suspension pelvienne consiste à attacher en plus les membres antérieurs aux membres postérieurs afin de les relever, pour étirer aussi l'avant de la carcasse (cf. Figure n° 1, à droite).

### EXIGENCES PRATIQUES DE LA SUSPENSION PELVIENNE

En pratique, la suspension pelvienne revient à placer la carcasse dans une position proche de celle de l'animal vivant, en fin de chaîne d'abattage, impérativement après la pesée fiscale<sup>1</sup> et avant le ressuage<sup>2</sup> : chaque demi-carcasse est décrochée puis ré-accrochée par le bassin. La cuisse, libérée de ses contraintes, descend sous l'effet de son propre poids en provoquant l'étirement des muscles.

La suspension pelvienne nécessite un équipement adapté : poste supplémentaire (1,5 à 2 mètres de largeur) avec plate-forme pour les opérations de décrochage et ré-accrochage, treuil et crochets spécifiques<sup>3</sup>. Le transfert des demi-carcasses d'un mode de suspension à l'autre ne dure que quelques secondes en routine.

Les risques de chute des carcasses, variables selon les techniques d'accrochage utilisées, limitent généralement le poids des carcasses concernées à 400 kg. Ce problème a cependant donné lieu à des améliorations : l'utilisation d'un crochet spécifique supplémentaire permet de sécuriser l'accrochage des carcasses les plus lourdes (cf. Figure n° 3).

La suspension pelvienne impose la présence d'un opérateur dédié mais ne ralentit pas la chaîne d'abattage. Le volume occupé par les demi-carcasses est plus important, notamment en largeur, d'où d'éventuels problèmes lors du convoyage (passage de portes par exemple) et du stockage en frigo (cf. Figure n° 4).

1. Le ré-accrochage ne peut avoir lieu avant la PPCM pour des raisons réglementaires de présentation des carcasses (cf. Fiche 2.1 Les caractéristiques des carcasses).  
2. Le délai optimum de ré-accrochage se situe entre 1 heure et 1h30 après l'abattage (Tribot-Laspière, Idele, Interbev, 2015).  
3. Coût indicatif : plate-forme + treuil : 15 250 € ; crochets spécifiques : 15 € pièce (Bastien, Interbev, OFIVAL, 2002).

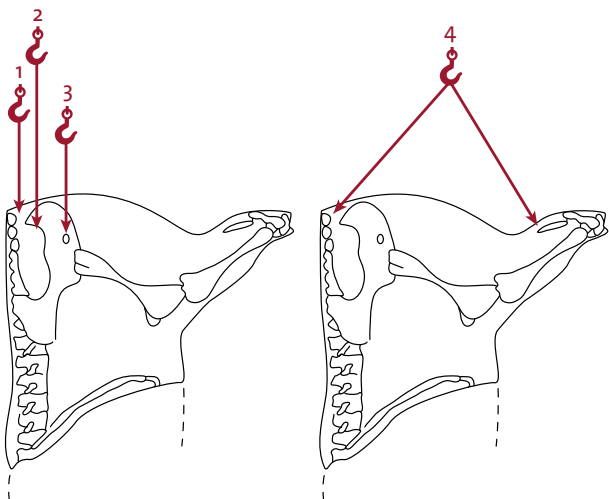


Figure n° 3 : Différentes techniques d'accrochage de suspension pelvienne. 1: par le nerf du rumsteck; 2: par la crête sciatique; 3: par l'obturator foramen; 4: double crochet



Figure n° 4 : Les carcasses et demi-carcasses suspendues par le bassin nécessitent plus de place

La durée optimale de suspension par le bassin après abattage a été estimée à deux jours (Bastien, 2002 ; Tribot-Laspière, 2001), délai dans lequel la *rigor mortis* est totalement installée (les carcasses ne peuvent alors plus reprendre leur forme initiale) : les bienfaits de la suspension pelvienne sont

alors maximaux. Un délai supplémentaire de stockage avec os au-delà de deux jours n'est pas utile.

### EFFET DU MODE DE SUSPENSION SUR LA TENDRETÉ

En comparaison à la suspension par le tendon d'Achille, la suspension pelvienne permet d'augmenter la tendreté de la plupart des muscles de l'arrière : faux-filet, entame et milieu du tende de tranche, rumsteck et gîte noix (cf. Figure n° 5). Le rond de gîte et le rond de tranche ne seraient pas touchés, alors que l'aiguillette baronne verrait sa tendreté dégradée (étude conduite en 2001 sur huit muscles de dix carcasses différentes, Interbev, Idele).

### EFFET COMPARÉ DE LA SUSPENSION PELVIENNE ET DE LA MATURATION SUR LA TENDRETÉ

L'effet de deux jours de suspension pelvienne sur la tendreté a été estimé comme équivalent à celui d'une semaine de maturation pour le tende de tranche (entame et milieu) et le gîte noix, à deux semaines de maturation pour le rumsteck, et près de trois semaines pour le faux-filet (cf. Figure n° 6, étude conduite en 2002 sur cinq muscles de neuf carcasses différentes, Interbev, Idele).

De plus, les effets de la suspension pelvienne et de la maturation se cumulent : pour quatre des cinq muscles étudiés (entame et milieu du tende de tranche, rumsteck et faux-filet), la maturation appliquée à un muscle issu d'une carcasse suspendue par le bassin procure un gain de tendreté supplémentaire.

### AUTRES CONSÉQUENCES DE LA SUSPENSION PELVIENNE

Les quartiers arrière, contrairement aux quartiers avant, subissent une modification de forme et de volume, ce qui implique des techniques de coupe, découpe et désossage différentes.

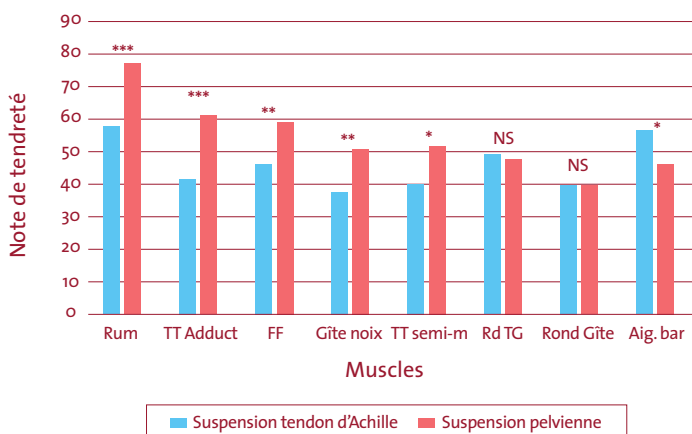


Figure n° 5 : Effets comparés de la suspension par tendon d'Achille et de la suspension pelvienne sur la tendreté de huit muscles après deux jours de suspension et sept jours sous vide (Interbev, Idele, 2001)

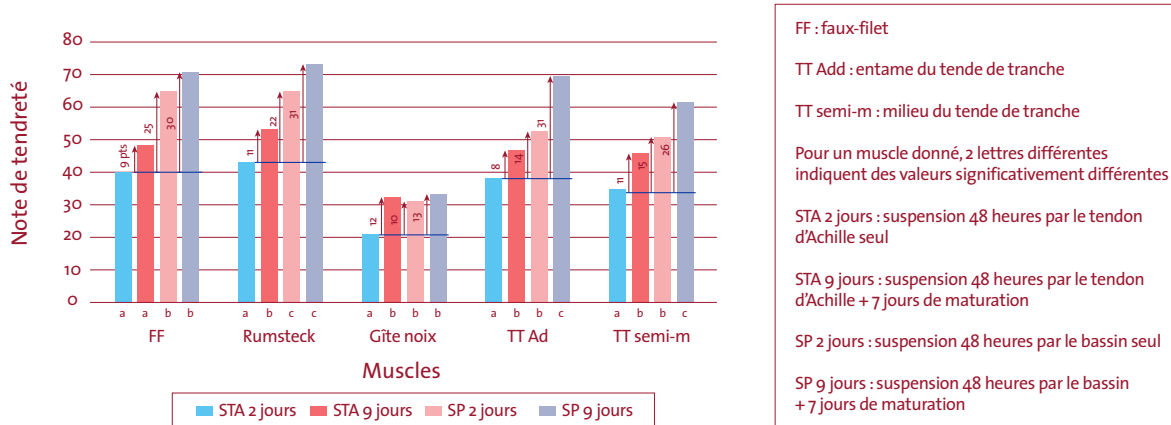


Figure n° 6 : Résultats sur les effets comparés du type de suspension et de la durée de maturation sur la tendreté des cinq muscles (Interbev, Idele, 2002). Pour un muscle donné, deux lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes

Certains muscles sont déformés, surtout la bavette d'aloyau (très étirée et très fine), ce qui peut affecter sa commercialisation; un coup de couteau appliqué à la hauteur de la bavette, au moment du ré-accrochage de la demi-carcasse, évite cet inconvénient. Le rumsteck, le tende de tranche, le faux-filet et le gîte noix sont également plus étirés et donc moins épais, mais *a priori* sans conséquences commerciales.

La technique de suspension pelvienne est utilisée à l'étranger (pays anglo-saxons notamment, Suède, etc.) mais est peu répandue en France (une entreprise française connue à ce jour).

Outre les contraintes pratiques, des interrogations subsistent quant à sa compatibilité avec :

- **La stimulation électrique** : Appliquée en début de chaîne d'abattage, la technique de stimulation élec-

trique (cf. Fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération) rend la *rigor mortis* plus précoce et pourrait affecter l'efficacité de la suspension pelvienne, les carcasses n'ayant peut-être pas conservé assez de souplesse en fin de chaîne d'abattage pour pouvoir être étirées. Dans le doute, il conviendrait de ne pas cumuler ces deux techniques.

- **La présentation des carcasses** : Au plan réglementaire, la présentation des carcasses ne doit pas être modifiée dans un délai de six heures après la pesée fiscale (cf. Fiche 1.2 Les caractéristiques des carcasses). Le cas de la suspension pelvienne n'est pas abordé par la réglementation, mais il y a tout lieu de penser que cette technique entraîne bel et bien une modification de la présentation des carcasses car elle en affecte la forme et ne permet pas le contrôle ultérieur du classement.

## 6. TENDRETÉ DE LA VIANDE ET MATURATION

La maturation est un processus naturel d'attendrissage\* de la viande. Elle agit sur les fibres musculaires mais ne modifie pas la structure collagénique. Elle est donc particulièrement importante pour les muscles à cuisson rapide, pauvres en collagène, et constitue un levier majeur de la filière pour améliorer la tendreté des viandes à cuisson rapide.



### LES PHASES DE LA TRANSFORMATION DU MUSCLE EN VIANDE

La transformation du muscle en viande débute dès la mort de l'animal par de nombreuses modifications physico-chimiques et enzymatiques (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande).

#### DE L'ÉTAT PANTELANT À LA RIGOR MORTIS

Juste après l'abattage, l'animal se trouve dans un état pantelant qui se traduit par des contractions musculaires persistantes et désordonnées pendant vingt à trente minutes; durant cette période, le système nerveux continue en effet à fonctionner. Le niveau de tendreté initial, juste après l'abattage, correspond à la dureté de base du muscle.

Du fait de l'arrêt de la circulation sanguine, les muscles sont privés d'oxygène et les réserves énergétiques des cellules musculaires deviennent progressivement insuffisantes pour assurer leur relâchement. La rigidité cadavérique (*rigor mortis*) s'installe alors peu à peu. Son développement se poursuit pour être total 24 à 48 heures *post mortem*: la dureté du muscle est alors maximale (cf. Figure n° 1).

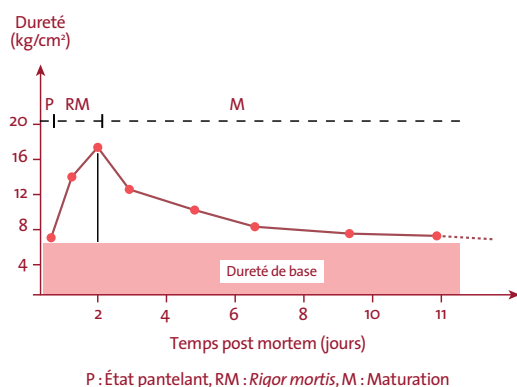


Figure n° 1 : Évolution de la dureté de la viande (NB : la dureté n'a été mesurée que pendant onze jours mais sa diminution se poursuit bien au-delà) (Ouali, 1991)

Les conditions dans lesquelles la *rigor mortis* s'est installée sont déterminantes pour le bon déroulement de la maturation par la suite (cf. paragraphe « Impact de différents facteurs sur la maturation – Température »).

### PHASE D'ATTENDRISSAGE

La maturation commence en réalité dès la mort de l'animal, mais ses effets sont masqués durant les 48 premières heures par l'installation progressive de la *rigor mortis*. Par la suite, le muscle s'attendrit peu à peu, ce qui lui permet en théorie de revenir à son niveau initial, avant l'entrée en *rigor mortis* (cf. Figure n° 1).

Durant cette phase, le muscle s'acidifie et son pH passe d'environ 7,0 à des valeurs inférieures à 6,0 (en dehors de tout problème de pH ultime élevé - cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande).

### MÉCANISMES BIOLOGIQUES IMPLIQUÉS DANS LA MATURATION

#### PLUSIEURS SYSTÈMES ENZYMATIQUES PROTÉOLYTIQUES

Le phénomène biologique naturel de maturation fragmente les protéines myofibrillaires par hydrolyse grâce à divers systèmes enzymatiques endogènes. Ceux-ci diffèrent selon leurs mécanismes d'action et de régulation (Gicquel *et al.*, 2016), qui ne sont pas encore totalement connus. Les systèmes enzymatiques le plus souvent cités dans la littérature à ce jour sont les calpaïnes, les cathépsines et le protéasome (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande).

Le processus d'attendrissage des viandes résulte vraisemblablement de l'action synergique et complexe de plusieurs autres systèmes enzymatiques endogènes. La maturation aboutit à des altérations structurales des muscles par fragilisation et relâchement des liens entre fibres, ce qui favorise l'attendrissage des viandes. Elle entraîne aussi des modifications biochimiques, avec l'élaboration des précurseurs de la saveur par exemple (cf. Fiche 3.3 Saveur de la viande).

En revanche, ces systèmes enzymatiques n'ont pas d'action sur le collagène, dont la quantité détermine la dureté de base de la viande: c'est pourquoi la maturation est très importante pour les muscles à cuisson rapide (cf. Fiche 3.1.7 Tendreté de la viande et choix des morceaux), potentiellement tendres car peu riches en collagène. Les muscles à cuisson lente, riches en collagène, ont un potentiel de tendreté très faible; d'autres moyens existent pour valoriser ces morceaux, en particulier un mode de cuisson adapté (cf. Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande), le hachage (cf. Fiche 1.1.1 De l'animal vivant à la viande) ou encore l'attendrissage mécanique (cf. Sous-fiche 3.1.8 Tendreté et attendrissage mécanique des viandes).

### IMPACT DE DIFFÉRENTS FACTEURS SUR LA MATURATION

L'action des enzymes protéolytiques est influencée par différents facteurs, comme la température, le pH, la présence de catalyseurs\* ou au contraire d'inhibiteurs\* et la durée de maturation.

#### Température

L'activité des enzymes impliquées dans la maturation est d'autant plus importante que la température du milieu est élevée : la maturation est 2,5 fois plus rapide à 10 °C qu'à 0-2 °C. Or les carcasses sont immédiatement refroidies après l'abattage puis conservées à une température inférieure à 4 °C, car il n'est pas envisageable de les stocker à température élevée (cf. Sous-fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération) ; ceci ne permet donc pas d'exploiter le côté bénéfique de la température. C'est pourquoi la durée de conservation des carcasses et des viandes doit être suffisamment longue pour permettre d'atteindre un degré de tendreté satisfaisant.

L'étape de ressuage, préalable au stockage, doit être maîtrisée pour prévenir tout risque de cryochoc\*. En effet, l'état relâché ou contracté des fibres musculaires au moment de l'entrée en *rigor mortis* conditionne la bonne maturation ultérieure des viandes : le potentiel de tendreté est définitivement altéré si les fibres se trouvent à l'état contracté lors de cette phase, ce qui peut être le cas lors de l'application d'un froid trop intense (cf. Sous-fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération).

En quartier, en demi-gros, sous vide ou encore en portion consommateur (cf. paragraphe Mise en œuvre de la maturation), la viande poursuit sa maturation. Seule la congélation bloque le phénomène.

#### Calcium et pH

L'activité des calpaïnes est favorisée par l'accumulation d'ions calcium dans les fibres musculaires, lors de l'entrée en *rigor mortis* (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande). L'injection de sels de calcium permet d'ailleurs d'accélérer la maturation de la viande (cf. Sous-fiche 3.1.8 Tendreté et attendrissement mécanique des viandes).

Le pH du muscle chute au cours de sa transformation en viande (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande). Les calpaïnes sont activées à pH neutre (7,0 à 7,5), c'est-à-dire rapidement après l'abattage. Les cathépsines sont plus actives dans une gamme de pH compris entre 4,0 et 6,0. D'autre part, un pH ultime trop élevé (au-delà de 6,0) pourrait aussi affecter le potentiel de tendreté des viandes (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande).

Par ailleurs, le pH des fibres blanches de type IIX (cf. « Les fibres musculaires », Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) chute plus vite, en lien avec leurs plus grandes réserves en glycogène : cette propriété confère à ces fibres une vitesse de maturation plus élevée que les fibres rouges de type I. Une proportion plus importante de fibres de type IIX dans les muscles serait donc en faveur d'une meilleure tendreté, par accélération de leur vitesse de maturation.

#### Durée de maturation

Aujourd'hui, une durée de maturation de dix à quatorze jours relève d'un consensus de la filière, en prenant en compte le niveau de tendreté obtenu, les coûts de stockage, l'évolution de la couleur de la viande conditionnée, etc. Or, la tendreté de

la viande continue à s'améliorer après cette période de dix à quatorze jours : des études récentes ont montré que, sous vide et en conditions expérimentales maîtrisées, la maturation peut être prolongée bien au-delà (jusqu'à 90 jours, voire plus) car la tendreté poursuit son amélioration (cf. Figure n° 2). Cependant, aucune durée de maturation ne permet de garantir un niveau de tendreté donné, et ce quel que soit le muscle, car de multiples facteurs interviennent sur la tendreté (cf. Sous-fiche 3.1.1 La tendreté de la viande, préambule).

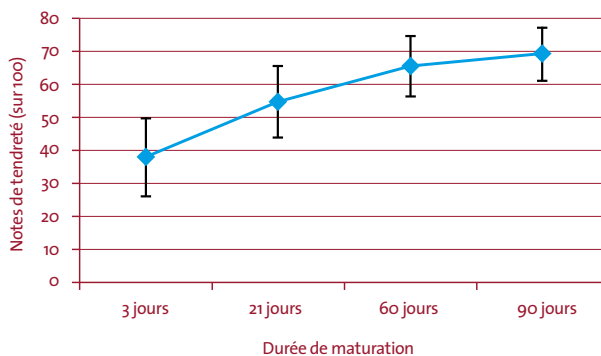


Figure n° 2 : Évolution de la tendreté du faux-filet (*longissimus dorsi*) selon la durée de maturation sous vide (Marzin, 2010)

#### POUR MÉMOIRE : LA NORME NF V 46-001 (1996)

La norme NF V 46-001 (1996) sur les « conditions de valorisation du potentiel de tendreté des viandes de gros bovins » recommande pour les viandes à cuisson rapide\* une durée de maturation minimum de sept jours sur os et de dix jours en sous vide. Ces durées proviennent d'un consensus de la filière, permettant via une approche pragmatique d'atteindre un niveau de tendreté acceptable quel que soit le circuit de commercialisation. En effet, la viande mature aussi bien en quartier (ou « sur os », essentiellement en boucherie artisanale et rayon traditionnel des GMS) qu'en présentation sous vide (rayons libre-service des GMS). Ainsi, selon cette norme :

- la commercialisation des demi-carcasses ou quartiers ne peut débuter qu'après sept jours de maturation sur os ; étant donné que la commercialisation des différents morceaux s'étale sur une certaine période, le premier morceau pourra être écoulé dès la fin de cette période de sept jours, alors que le dernier morceau ne le sera que plusieurs jours plus tard par exemple ;
- la commercialisation des morceaux provenant de muscles conditionnés sous vide ne peut avoir lieu qu'après 10 jours ; or, une fois le conditionnement sous vide ouvert, il y a obligation d'utiliser les muscles le jour même ; dans ce cas, les produits écoulés auront été maturés dix jours.

**Ces durées de sept jours sur os et dix jours sous vide permettent donc, en moyenne, l'obtention de durées de maturation comparables quel que soit le circuit de commercialisation.**

\* Hormis le filet (de par sa tendreté naturelle), la hampe et l'onglet (risque de dégradation de leur aspect commercial).

### UNE CINÉTIQUE DE MATURATION POUR CHAQUE MUSCLE

La tendreté augmente globalement avec la durée de maturation, mais son évolution dans le temps, ou cinétique, est propre à chaque muscle.

Une étude réalisée en 2014<sup>1</sup> a permis de définir les cinétiques de maturation des principaux muscles pour en déterminer l'optimum (cf. Figure n° 3). Les cinétiques de maturation des muscles se différencient selon plusieurs critères :

- le niveau de tendreté initial correspond, dans cette étude, au niveau de tendreté du muscle évalué trois jours après l'abattage ;
- la réponse du muscle à la maturation est le gain de tendreté obtenu sur une période donnée par rapport à la tendreté initiale ;
- la cinétique globale de maturation traduit l'évolution du muscle lors de la maturation, avec des périodes majeures d'amélioration de la tendreté.

Des différences importantes selon les muscles ont été mises en évidence (cf. Figure n° 3) :

- la maturation bénéficie plus à certains muscles qu'à d'autres, avec une meilleure réponse pour le cœur de rumsteck ou le tendre de tranche (adducteur) par exemple ;
- certains muscles, comme l'aiguillette de rumsteck, présentent un niveau de tendreté initiale élevé, mais un potentiel d'amélioration relativement faible. D'autres, comme le plat de tranche, ont un niveau de tendreté initiale plus bas, mais un potentiel d'amélioration plus grand.

Si la maturation a un effet globalement positif, certaines carcasses peuvent ne pas réagir de la même manière. Dans l'étude réalisée en 2014<sup>2</sup>, les faux filets maturés pendant 21 jours présentaient une tendreté satisfaisante dans la majorité des cas, mais leur tendreté a été jugée inacceptable dans 15 % des cas.

Un guide opérationnel<sup>1</sup> rassemble ces résultats pour des muscles et types d'animaux donnés, en considérant les périodes de maturation qui apportent le plus fort gain de tendreté. Il permet aux professionnels d'adapter l'itinéraire de maturation de chaque muscle ou groupe de muscles en fonc-

tion de leur destination commerciale, des contraintes logistiques et d'un niveau de satisfaction consommateur souhaité.

### MISE EN ŒUVRE DE LA MATURATION

Plusieurs modalités de conservation (cf. Fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes), avec une incidence propre sur la maturation, sont à la disposition de la filière. Seule la congélation bloque le phénomène de maturation : à ce stade, la maturation doit donc déjà avoir eu lieu. L'enjeu principal de la conservation de la viande consiste à déterminer la durée idéale de maturation pour des conditions de conservation données. Cette durée résulte d'un compromis pour permettre les évolutions favorables à la maturation, sans trop dégrader la qualité hygiénique, ni trop encourager les phénomènes d'oxydation susceptibles d'altérer la couleur ou la saveur.

Le conditionnement des viandes se raisonne aussi selon le stade du circuit de transformation et de commercialisation concerné, chaque stade ayant des contraintes et des attentes spécifiques.

La durée de maturation peut ainsi être parfaitement maîtrisée dans certains cahiers des charges. Les conditions communes Label Rouge exigent par exemple une durée de maturation minimum entre abattage des animaux et vente au détail de dix jours pleins en présentation en demi-carcasse ou en quartier, et de treize jours pleins en présentation en sous vide (cf. Fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes). Dans le cas des animaux culards\* ou de conformation\* exceptionnelle classés « E » (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses), le délai de maturation peut être réduit. Ces animaux présentent en effet une proportion plus importante de fibres de type IIX dans leurs

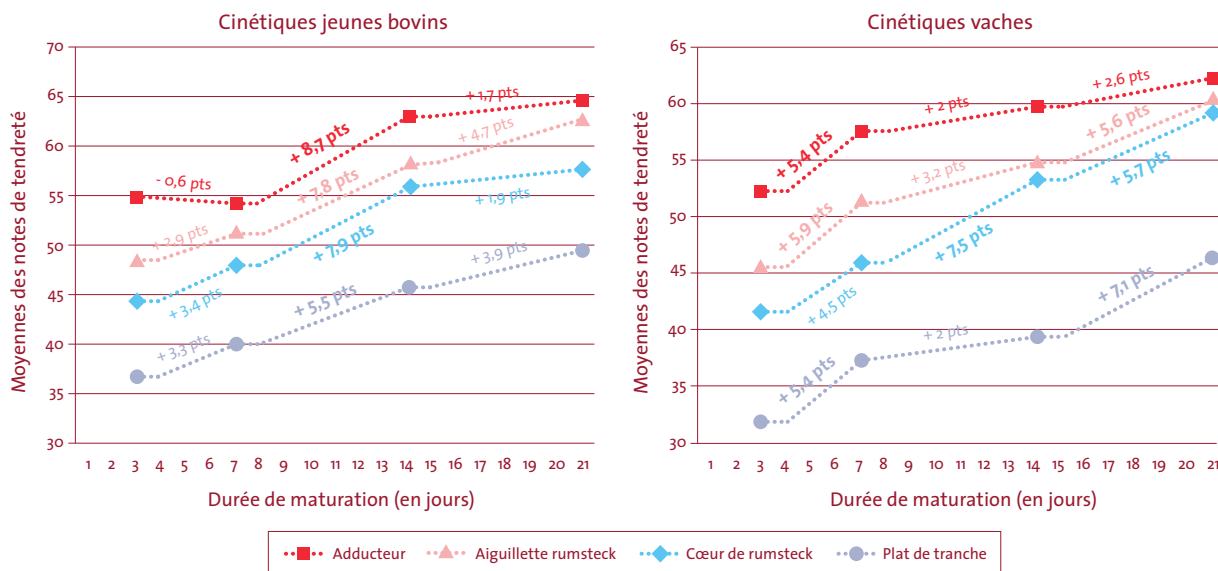


Figure n° 3 : Cinétique de maturation de quatre muscles issus de jeunes bovins ou vaches : évolution des notes de tendreté en fonction de la durée de conservation, et gains de tendreté moyens obtenus (Marzin, 2014)

1. Guide de gestion de la maturation de la viande bovine, Interbev, Idele, V. Marzin (2014).  
 2. Conditions de production communes relatives à la production en Label Rouge « Gros bovins de boucherie ».



muscles, favorable à une accélération de la vitesse de maturation (cf. paragraphe précédent « Calcium et pH »).

Dans d'autres circuits de commercialisation, la maturation peut être subie au travers des commandes arrivant dans les entreprises, suivies de l'expédition de viandes issues d'animaux éventuellement abattus à des moments différents et, donc, de degrés de maturation divers.

Une autre contrainte est liée à la fabrication de viande hachée, qui représente aujourd'hui plus de la moitié des volumes de viande de gros bovins (cf. Fiche 1.1.4 L'élevage bovin français et ses débouchés). En France, la viande hachée ne peut être fabriquée qu'à partir de viande fraîche conservée au plus six jours, et de viande conditionnée sous vide pendant neuf jours maximum : des viandes conservées plus longtemps ne peuvent donc pas être utilisées pour ce débouché. Or, la viande hachée n'est plus aujourd'hui issue des seuls quartiers avant, certaines parties des quartiers arrière étant aussi utilisées.

Ainsi, une maturation sur os trop longue des quartiers arrière interdit l'utilisation de ces morceaux en viande hachée, ce qui entraîne une perte de disponibilité en matière première. Cela implique également de trouver d'autres valorisations pour ces morceaux, plutôt de type cuisson lente, donc durs, et pour lesquels il n'existe pas forcément de marché. La filière viande hachée apparaît donc comme une contrainte pour envisager des durées de maturation plus longues.

#### AU STADE DU GROS ET DEMI-GROS

Le stade du gros et du demi-gros correspond aux morceaux obtenus lors de la coupe primaire, suivie ou non d'une découpe relativement grossière (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses). Cette étape concerne en premier lieu les échanges entre professionnels, qui recherchent une durée de vie notable du produit, permettant à la viande de poursuivre sa maturation. La viande mature aussi bien en quartier (sur os) que sous vide.

#### La maturation sous vide, dite « humide »

Le conditionnement sous vide concerne aujourd'hui plus des trois quarts de la viande commercialisée sous forme de muscles entiers (catégoriel\* ou reconstitué\*). Très utilisé au stade du demi-gros, il permet de prolonger la durée de conservation en préservant la qualité bactériologique, en conditions de température optimales. Les durées de conservation sous vide couramment pratiquées en France atteignent généralement une quarantaine de jours. Dans le cas de certaines viandes d'importation, la durée de conservation peut aller jusqu'à deux ou trois mois. Le conditionnement sous vide permet également la poursuite de la maturation (cf. Sous-fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes).

La Figure n°4 montre que la tendreté continue à augmenter avec la durée de conservation. Ainsi, après deux semaines de maturation, le faux-filet n'atteint que 65 % environ de son potentiel de tendreté, contre la presque totalité à 60 jours. Un prolongement de la maturation jusqu'à 60 jours apporte donc une plus-value importante en termes de tendreté. Entre 60 et 90 jours, elle continue à augmenter mais lentement et très légèrement.

Ces résultats, obtenus dans des conditions de conservation très stables, ne reflètent pas forcément celles de l'industrie.

<b>DURÉE DE CONSERVATION (JOURS)</b>	3	14	21	60	90
<b>POURCENTAGE DU POTENTIEL DE TENDRETÉ (À 90 JOURS) ATTEINT</b>	55	65	79	94	100

Figure n° 4 : Gain de tendreté du faux-filet (*longissimus dorsi*) selon la durée de conservation sous vide en conditions expérimentales maîtrisées (Marzin, 2010)

Une application possible, mais limitée pour des raisons évidentes de coûts, pourrait être celle de circuits « premium » de garantie de la tendreté.

Contrairement aux idées reçues, le conditionnement sous vide permet de limiter les pertes de masse au cours de la conservation à 0,7 fois celles obtenues sans conditionnement (c'est-à-dire à l'air). Il apporte également une grande souplesse en matière de logistique (facilité de stockage, gestion de la maturation muscle par muscle), d'où sa généralisation pour les transactions entre professionnels.

En revanche, la maturation sous vide ne permet pas toujours le même développement de la saveur : il peut y avoir formation d'un goût désagréable acide ou piquant. D'autre part, des odeurs déplaisantes typiques se forment parfois à cause de la flore bactérienne lactique qui se développe en l'absence d'oxygène, mais elles se dissipent systématiquement après ouverture du conditionnement. Enfin, la couleur sombre normale observée laisse vite (moins d'une heure) place après ouverture au rouge vif.

#### La maturation sur os, dite « maturation sèche »

La maturation sèche consiste à conserver des pièces (carcasses, gros ou demi-gros) en l'état et à l'air libre, dans des conditions de froid, de ventilation et de température contrôlées. Ce type de maturation traditionnel a été remis en avant par les bouchers il y a quelques années, et tend à se développer pour des produits haut de gamme dans tous les circuits (caves de maturation en boucherie artisanale et rayon traditionnel des GMS, restauration commerciale). Les durées de maturation appliquées peuvent être aussi longues que celles appliquées en sous vide, mais supposent une parfaite maîtrise des conditions d'ambiance : la circulation d'un air sec, couplée à une température la plus basse possible (0-2 °C), permet la formation d'une croûte dure, solide et de couleur noire, qui doit être retirée avant tranchage. La conservation des aponévroses et des gras de couverture faciliterait une meilleure tenue du produit. Le développement d'une saveur spécifique serait favorisé, par empêchement des altérations de type rancissement.

La maturation sèche permet d'obtenir une tendreté assez proche de la conservation sous vide pour des durées de maturation jusqu'à deux ou trois semaines. Cette technique implique cependant une importante perte de matière liée au parage des morceaux (élimination de la croûte noire en particulier), entraînant une diminution de 6 à 10 % du rendement en viande commercialisable après huit semaines de maturation. Le coût des produits est donc adapté en conséquence, ce qui peut constituer un frein pour le consommateur. Seuls certains morceaux à haut potentiel de valorisation (faux-filet, côte,

entrecôte, etc.) sont ainsi maturés. Lors d'une conservation en carcasse s'ajoutent les coûts de stockage et les problèmes d'équilibre matière, dans la mesure où tous les muscles se voient appliquer la même durée de maturation, alors qu'ils ne sont pas tous valorisables en viande à cuisson rapide.

#### AU STADE DE LA VENTE AU DÉTAIL

Ce stade concerne les morceaux travaillés à destination directe du consommateur.

Une faible proportion de ces portions est remise au consommateur sous papier boucher en boucherie artisanale ou rayon traditionnel des GMS\*, après tranchage à la demande. Ce mode d'emballage préserve relativement bien le produit de l'oxydation de l'air, mais pour une courte durée: l'essentiel de la maturation doit donc déjà avoir eu lieu au moment de l'achat.

Les viandes sont très majoritairement commercialisées sous forme conditionnée en entreprise (Unité de vente consommateur industrielle ou UVCI\*) ou en GMS (Unité de vente consommateur magasin ou UVCM\*). Trois types de conditionnements sont utilisés en France (cf. *Sous-fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes*): sous atmosphère modifiée, sous vide et sous film étirable. Leur capacité à permettre la poursuite de la maturation est variable (cf. *Figure n° 5*).

Quel que soit le type de conditionnement, le produit poursuit sa maturation jusqu'à sa cuisson, mais de façon très dépendante de la durée de conservation possible.

Ainsi, le conditionnement sous film étirable ne peut pas assurer la poursuite de l'amélioration de la tendreté de la viande: en effet, il ne peut être utilisé que pour de très courtes durées (quelques jours seulement) car il ne constitue qu'une protection mécanique, d'où une altération rapide des produits de la viande.

NOTE DE TENDRETÉ (DE 1 À 5) ÉVALUÉE...	Sous film étirable	Sous atmosphère modifiée	Sous vide
2 jours après abattage	3,5	3,6	3,5
6 jours après abattage	4,0	3,8	4,0
10 jours après abattage	-	4,1	4,5
15 jours après abattage	-	4,0	4,9

Figure n° 5 : Notes de tendreté attribuées sur faux-filet conservé sous différents conditionnements (de 1: très dur à 5: très tendre)

Sous atmosphère modifiée (principalement suroxygénée), la tendreté poursuit son amélioration pendant une dizaine de jours. Mais, par la suite, ce mode de conditionnement amoindrit les effets de la maturation: l'oxydation des protéines conduit en effet à un renforcement de la structure myofibrillaire par formation de liens entre polymères protéiques.

Le conditionnement sous vide permet, comme au stade de gros et demi-gros, de maintenir le potentiel de maturation du produit en le préservant des oxydations et retardant la dégradation microbologique. La tendreté de la viande peut donc continuer son amélioration, contrairement aux autres conditionnements pour lesquels l'essentiel de la maturation doit être réalisé avant le conditionnement de détail.

Même si ses effets sont variables selon les muscles, le potentiel génétique des animaux (variabilité individuelle), les conditions de suspension et de ressuage des carcasses à l'abattoir, les modalités de conservation, etc., la maturation est un traitement incontournable qui permet d'améliorer significativement la tendreté des viandes à cuisson rapide.

## 7. CHOIX DES MORCEAUX, TRAVAIL DES VIANDES ET TENDRETÉ

Une carcasse est constituée de plus de quarante morceaux différents, dont l'origine anatomique détermine en grande partie le potentiel de tendreté, en lien avec leur teneur en collagène: en effet, la tendreté peut varier fortement d'un muscle à l'autre, ainsi qu'à l'intérieur d'un même muscle.

Si la teneur en collagène oriente en premier lieu le choix des morceaux selon leur destination culinaire, le travail des viandes joue également un rôle important dans la tendreté des morceaux.



### DES MORCEAUX TENDRES ET DES MORCEAUX DURS

#### SELON LE TAUX DE COLLAGÈNE : VIANDE À CUISSON RAPIDE OU À CUISSON LENTE

Le collagène est le principal constituant du tissu conjonctif (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande). Il confère aux muscles leur dureté de base par sa quantité et son degré de solubilité (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande).

Les muscles riches en collagène se trouvent plutôt sur l'avant de l'animal. Les muscles pauvres en collagène sont essentiellement situés sur l'arrière de l'animal et représentent environ 53 à 57 % de la viande nette commercialisable de la carcasse.

La tendreté potentielle d'un morceau constitué de plusieurs muscles dépend avant tout de la teneur en collagène de chaque muscle et de la trame de tissu conjonctif les reliant. Alors qu'un morceau tel que le faux-filet est principalement constitué d'un muscle pauvre en collagène, un morceau tel que le jarret se compose d'un réseau de petits muscles entourés de leur gaine conjonctive très résistante (cf. Figure n° 1).

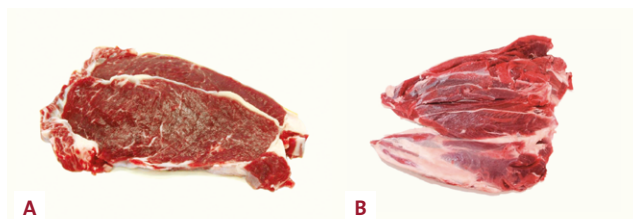


Figure n° 1: A: Faux-filet, muscles pauvres en collagène, viande à cuisson rapide; B: Jarret (désossé), muscles riches en collagène, viande à cuisson lente

Une fois les morceaux préparés (cf. paragraphe suivant), les viandes sont orientées, en accord avec la réglementation sur la dénomination des morceaux (cf. Sous-fiche 1.1.2 La dénomination des morceaux), vers des destinations culinaires adaptées (cf. Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande) en fonction de leur taux de collagène:

- les viandes pauvres en collagène, comme le faux-filet, sont à cuisson rapide: à poêler, griller ou rôtir;
- les viandes riches en collagène, comme le jarret, sont à cuisson lente: à mijoter ou bouillir.

#### UN POTENTIAL DE TENDRETÉ DE ★ À ★★★ POUR LES VIANDES À CUISSON RAPIDE

À l'intérieur du groupe des morceaux à cuisson rapide (à poêler, griller ou rôtir), les viandes ont été classées en trois catégories de potentiel de tendreté (cf. Sous-fiche 1.1.2 La dénomination des morceaux) selon leur teneur en collagène (à dire d'expert):

- potentiel de qualité supérieur ★★★ pour les viandes comportant très peu de collagène;
- potentiel de qualité intermédiaire ★★ pour les viandes comportant peu de collagène;
- potentiel de qualité inférieur ★ pour les viandes comportant un peu plus de collagène (mais moins que les viandes à cuisson lente, à braiser ou bouillir, dont le potentiel de tendreté est très faible) (cf. Figure n° 2).

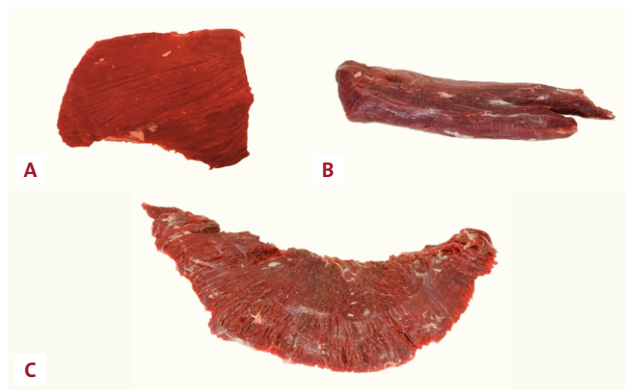


Figure n° 2: A: Bavette de flanchet: potentiel de tendreté ★, B: Merlan de cuisse: potentiel de tendreté ★★, C: Bavette d'ailoyau: potentiel de tendreté ★★★ (D'après le Guide de découpe de la viande bovine, version définitive du 23 mai 2014, consultable sur [interbev.fr](http://interbev.fr))

#### DANS TOUS LES MUSCLES, DES PARTIES PLUS OU MOINS TENDRES

Quel que soit le type de morceau considéré, le travail des viandes a un impact important sur le collagène et donc la tendreté, lors de l'étape de préparation des viandes. Ainsi, le parage\*, l'épluchage\* et la pratique de l'affranchi\* (cf. paragraphe suivant) consistent à éliminer partiellement ou totalement le gras et le tissu conjonctif externe, et à écarter les par-

ties musculaires les plus dures; le travail des viandes a donc un impact important sur la qualité des viandes. L'extension de découpe\* (cf. paragraphe suivant) est un outil supplémentaire à la disposition de la filière pour mieux valoriser les carcasses.

### PARAGE ET ÉPLUCHAGE DE LA VIANDE

Le **parage** et l'**épluchage** constituent la première étape de la préparation des viandes (cf. Figure n° 3). Le parage consiste à éliminer les gras en excès selon le niveau d'élaboration de la découpe. Il s'agit d'autre part, par l'épluchage, d'enlever tout ou partie du collagène externe des muscles: tendons le cas échéant, et aponévroses très résistantes, d'un blanc nacré (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande).



Figure n° 3: Parage et épluchage de la viande



Figure n° 4: Tende de tranche PAD (ou PAT)

En fonction du degré de parage des morceaux, on distingue les produits:

- bruts;
- parés sommaires (PS): comportant encore du gras et du collagène externes;
- semi-parés (SP): intermédiaires entre produits PS et PAD/PAT;
- entièrement parés (PAD: prêt à découper, ou PAT: prêt à trancher), dont la totalité du gras et du collagène externes a été retirée (cf. Figure n° 4);
- éclatés, dont les tendons internes des muscles ont été retirés.

Le parage et l'épluchage ont un impact sur la tendreté potentielle, la durée de conservation et le prix des morceaux; en effet:

- plus le degré de retrait du tissu conjonctif externe est poussé, plus le niveau de tendreté potentielle augmente;
- plus la préparation des viandes est élaborée, plus le produit est fragile car exposé, et est susceptible de subir des altérations de couleur (cf. Fiche 3.2 Couleur de la viande) et de se conserver moins longtemps (cf. Sous-fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes);
- plus la préparation des viandes est élaborée, plus le prix des morceaux est élevé, en lien avec le temps de travail nécessaire et la perte de matières (plus de déchets): comme l'extension de découpe (cf. paragraphe suivant) qui permet d'extraire des morceaux à cuisson rapide à partir de viande à cuisson lente (cas, par exemple, du jarret arrière, du nerveux de gîte, du paleron, etc.), certains morceaux sont mieux valorisés par un degré de parage et d'épluchage plus poussé, justifiant le surcoût occasionné par ce travail supplémentaire des viandes.

### PRATIQUE DE L'AFFRANCHI\*

Le réseau de collagène musculaire n'est pas homogène: la partie centrale du muscle est généralement moins riche en collagène que les parties distales. Chaque muscle comporte donc des parties plus ou moins riches en collagène, et par conséquent plus ou moins tendres.

Cette caractéristique est à l'origine d'une pratique bouchère particulière appelée l'**affranchi**, qui consiste à isoler et orienter spécifiquement les différentes parties d'un même muscle en fonction de leur potentiel de tendreté.

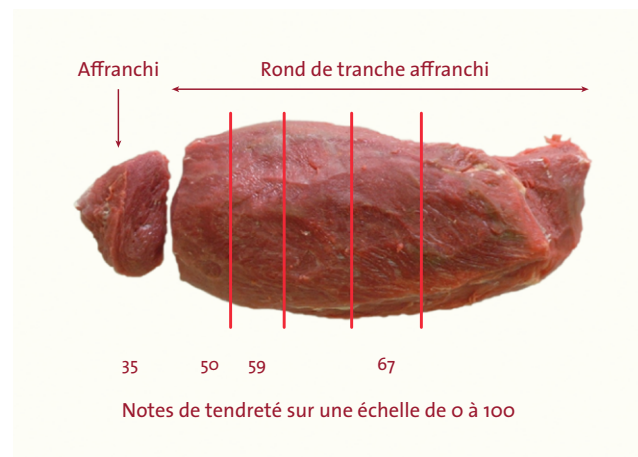


Figure n° 5: Notes de tendreté (échelle de 0 à 100) attribuées à différentes parties d'un rond de tranche PAD

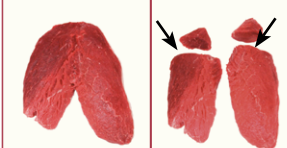
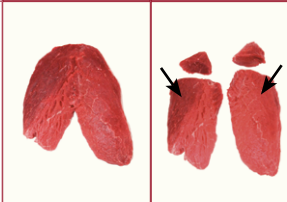

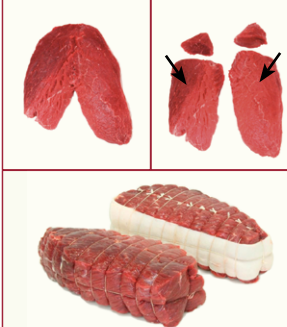
PIÈCE BOUCHÈRE	DÉNOMINATION USUELLE	MENTIONS COMPLÉMENTAIRES	DESCRIPTION DES MORCEAUX	NIVEAU DE PRÉPARATION	PHOTOS
ROND DE TRANCHE	STEAK ★★★	À griller	Rond de tranche affranchi	Rond de tranche paré et épluché, « nerf » central retiré, affranchi côté rotule. Tranché dans sa largeur.	
	PAVÉ ★★★	À griller		Rond de tranche paré et épluché, « nerf » central retiré, affranchi côté rotule. Tranché dans sa largeur en tranches épaisses.	
		ou En tournedos à griller		Préparation en tournedos. Lorsque les tranches épaisses sont ficelées, bardées ou non, le terme « Pavé ★★★ à griller » peut être remplacé par « Pavé ★★★ en tournedos à griller ».	
	RÔTI ★★★			Rond de tranche paré et épluché, « nerf » central retiré, affranchi côté rotule. Préparé en rôtis ficelés ou non, bardés ou non.	

Figure n° 6 : Niveau de préparation (parage, épluchage, affranchi) et orientation culinaire d'un rond de tranche (extrait du Guide de découpe de la viande bovine, version définitive du 23 mai 2014, consultable sur [interbev.fr](http://interbev.fr))

Sur les Figures n° 5 et n° 6, seul le rond de tranche affranchi (partie droite) est jugé suffisamment tendre pour fournir des steaks ★★★, des pavés ★★★ ou un rôti ★★★ ; l'affranchi (petite pièce à gauche) est de tendreté insuffisante pour une viande à cuisson rapide, et sera utilisé en viande à cuisson lente (en bourguignon ou pot-au-feu, à mijoter ou bouillir) ou à hacher.

La pratique de l'affranchi est donc un moyen puissant de gestion de la tendreté de la viande. Elle est précisément décrite dans la dénomination des morceaux (cf. Sous-fiche 1.1.2 La dénomination des morceaux).

### L'EXTENSION DE DÉCOUPE

L'extension de découpe est une autre pratique bouchère permettant d'augmenter la proportion des morceaux à cuisson rapide d'une carcasse. Elle consiste à extraire dans des morceaux riches en collagène, habituellement destinés à la cuisson lente ou au hachage, des parties moins riches en collagène pour la cuisson rapide. Elle peut être mise en œuvre sur des animaux bien conformés et sur les muscles qui le permettent, car leur poids de carcasse et le volume de certains muscles sont suffisamment développés et justifient économiquement ce travail des viandes.

En effet, la plupart des pièces à cuisson rapide, telles que le plat de tranche ou l'aiguillette de rumsteck, sont constituées d'un seul muscle. Les morceaux à cuisson lente, tels que le nerveux de gîte et le jarret arrière, sont parfois composés d'un réseau de petits muscles séparés les uns des autres par du tissu conjonctif : dégagés de leur gaine conjonctive, chacun de ces muscles serait potentiellement tendre, mais un tel travail de préparation ne se justifie que dans le cas d'animaux bien conformés. Dans ce cas, l'extension de découpe permet un gain significatif de la proportion de viande à cuisson rapide par rapport à une découpe traditionnelle (cf. Figure n° 7).

En revanche, il se traduit inévitablement par une dégradation du rendement de découpe (pertes de matière). L'extension de découpe, qui permet l'augmentation de la proportion de viande à cuisson rapide, fait ainsi partie de la panoplie des outils à disposition de la filière pour une meilleure valorisation de la carcasse.

### EN CONCLUSION

Le potentiel de tendreté d'un morceau à cuisson rapide dépend du ou des muscle(s) dont il provient ; il dépend égale-

### 3.1.7. CHOIX DES MORCEAUX, TRAVAIL DES VIANDES ET TENDRETÉ

TYPE DÉCOUPE	TYPE D'ANIMAL		
	Vache	Animaux bien conformés	
	« Paris »	« Paris »	étendue
Os	15	11	11
Gras	9	5	5
Déchets	6	6	7
Viande nette	70	78	77
Viande à cuisson rapide	54	56	66

Figure n° 7 : Proportion (%) des différents composants obtenus à l'issue d'une découpe traditionnelle (« Paris ») ou étendue des carcasses (Idele, 1984, en conditions de découpe maîtrisées)

ment de la zone précise du muscle dont il est issu, ainsi que de son niveau de préparation (parage, épiluchage, affranchi, type de découpe).

C'est pourquoi une même pièce bouchère peut avoir plusieurs niveaux de tendreté potentielle, voire des destinations culinaires différentes (cf. Figure n° 8).

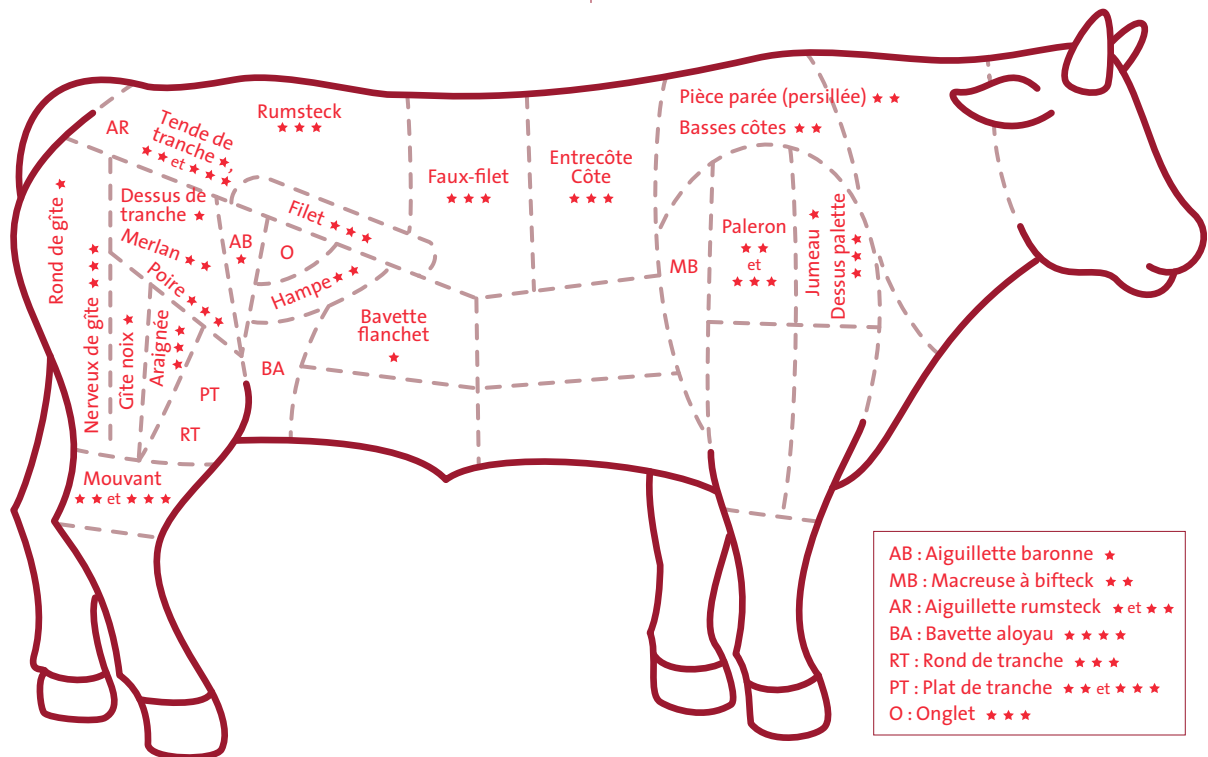


Figure n°8 : Principales pièces bouchères à cuisson rapide et leur potentiel de tendreté de ★ à ★★★★★ (extrait du Guide de découpe de la viande bovine, version définitive du 23 mai 2014, consultable sur [interbev.fr](http://interbev.fr))

## 8. TENDRETÉ ET ATTENDRISSAGE MÉCANIQUE DES VIANDES

Les muscles riches en collagène doivent être attendris car ils sont trop durs pour être consommés en l'état (cf. Fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande). Il existe pour cela plusieurs méthodes d'attendrissement.



### COMMENT ATTENDRISSER LES MUSCLES RICHES EN COLLAGÈNE ?

La **cuisson prolongée en milieu humide** est la méthode la plus traditionnelle d'attendrissement de ces muscles (cf. Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande). Cette pratique est cependant de moins en moins courante car elle ne correspond plus vraiment aux attentes des consommateurs, pour des questions de goût et/ou de temps de préparation. Par conséquent, d'autres solutions sont privilégiées.

La technique du **hachage** (cf. Sous-fiche 1.1.1 De l'animal vivant au produit fini) permet de supprimer la dureté de base de ces morceaux de façon mécanique, par broyage des muscles et donc du collagène. La viande hachée représente aujourd'hui plus de la moitié des volumes de viande de gros bovins. C'est pourquoi la grande majorité des muscles à cuisson lente est dirigée vers la fabrication de viande hachée.

Le **marinage** consiste à recouvrir la viande d'une préparation liquide exogène intégrant des acides organiques ou leurs sels, salée et/ou sucrée, condimentée et/ou aromatisée, éventuellement huileuse et/ou alcoolisée. L'ingrédient acide contribue à la destruction partielle du collagène, et facilite sa gélatinisation ultérieure lors de la cuisson. Les aiguilles éventuellement utilisées pour injecter la marinade participent également à la déstructuration du réseau de collagène.

L'**attendrissement mécanique**, autre procédé à la disposition des entreprises, améliore la tendreté des muscles en désorganisant et en fragilisant le réseau de collagène. Cette technique fait l'objet de la présente fiche.

L'**injection de sels** à rôle de catalyseur\* (chlorure de calcium par exemple) permet l'activation de protéases\* endogènes et accélère la maturation de la viande ; cette pratique conduirait cependant à donner à la viande un goût métallique peu apprécié des consommateurs.

L'**attendrissement enzymatique** consiste à utiliser des protéases exogènes (comme la papaïne ou la bromélaïne, qui fragmentent les fibres musculaires, à l'image de ce qui se passe pendant la maturation, cf. Sous-fiche 3.1.6 Tendreté de la viande et maturation) ou des collagénases\*, dont l'action cible plus la fraction collagénique et donc les muscles durs. La viande est saupoudrée au stade consommateur d'un mélange contenant enzyme(s), épices, etc. devant favoriser son attendrissement.

L'**application de hautes pressions** augmenterait de façon significative la tendreté des viandes, mais n'a pas fait l'objet

d'essai en France, hormis dans un but de maîtrise de la qualité microbiologique.

### PRINCIPES DE L'ATTENDRISSAGE MÉCANIQUE

L'attendrissement mécanique consiste à fragiliser et à sectionner la trame de collagène des muscles en les transperçant par des lames, des aiguilles ou des couteaux. Il agit donc essentiellement sur le tissu conjonctif, mais il sectionne également les fibres musculaires, provoquant aussi, avec une moindre ampleur, un attendrissement par déstructuration de sa composante myofibrillaire.

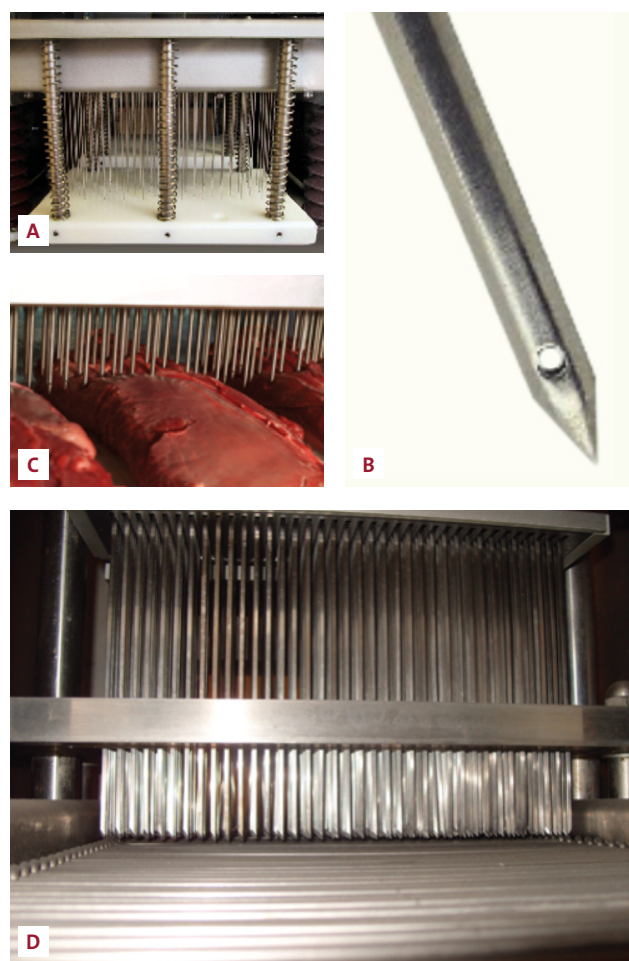


Figure n°1: A, B, C: Attendrisseur à aiguilles; D: Attendrisseur à lames

### ATTENDRISEURS À LAMES OU À AIGUILLES

Les attendrisseurs à lames ou à aiguilles sont constitués d'un ensemble de lames minces et effilées en leur extrémité, qui pénètrent au cœur de la viande (cf. Figure n° 1). Le gain de tendreté obtenu dépend de la densité des impacts dans la pièce de viande: nombre, dimension c'est-à-dire diamètre des aiguilles ou largeur des lames, disposition des aiguilles ou des lames, vitesse d'avancement du convoyeur approvisionnant l'attendrisseur et nombre de passages dans la machine. La densité d'impacts conditionne aussi l'aspect du morceau et sa présentation commerciale.

### ATTENDRISSAGE PAR SABRAGE

Le principe du sabrage est de faire passer une pièce de viande sous des rouleaux équipés de couteaux circulaires (cf. Figure n° 2). L'impact obtenu avec cette technique est plutôt superficiel, comparativement à la technique des aiguilles ou des lames. Selon les objectifs recherchés, les types de matériels et les réglages, les couteaux peuvent cependant agir plus ou moins en profondeur. Après un traitement superficiel, la viande peut être vendue en l'état (crue et piécée). La dégradation de la présentation visuelle reste plus importante que celle de viandes attendries avec des aiguilles ou des lames.

## EFFET DE L'ATTENDRISSAGE MÉCANIQUE SUR LA TENDRETÉ

L'attendrissement mécanique améliore significativement la tendreté de la viande, quel que soit le muscle considéré (cf. Figure n° 3). Le gain de tendreté sur faux-filet, rond de gîte, gîte noix et tende de tranche a été estimé entre 6 % et plus de 20 %, soit l'équivalent d'une maturation\* de dix jours pour certains muscles<sup>1</sup>. Ce gain est cependant plus important pour des muscles durs (rond de gîte ou gîte noix) que pour des muscles tendres (faux-filet) pour lesquels la composante collagénique pèse beaucoup moins dans la tendreté que la composante myofibrillaire.

Même si l'attendrissement mécanique apporte un gain de tendreté, il ne permet pas de transformer un morceau très dur en morceau tendre car son effet n'est pas suffisant. Un muscle mûré et attendri mécaniquement est cependant toujours plus tendre qu'un muscle ayant subi l'un ou l'autre des deux traitements

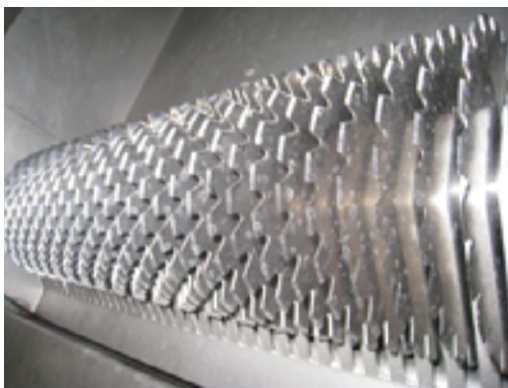


Figure n° 2: Rouleau équipé de sabres pour attendrir la viande

1. Travaux Interbev, Iteb, 1988 et 1989.

utilisés séparément car leurs effets se cumulent. Le premier agit sur les myofibrilles, le second sur le collagène.

## QUAND APPLIQUER L'ATTENDRISSAGE MÉCANIQUE ?

### AVANT OU APRÈS MATURATION ? AVANT OU APRÈS CONDITIONNEMENT DES PIÈCES DE DEMI-GROS ?

L'ordre des étapes de maturation et d'attendrissement mécanique n'a pas d'impact au plan technique ni sur la présentation des produits en vitrine ou en linéaire. Il est cependant recommandé, pour des questions d'hygiène, de pratiquer l'attendrissement mécanique après maturation et avant élaboration des UVC\* ou vente au stade boucher, pour raccourcir au maximum le délai entre attendrissement et consommation.

### SUR MUSCLE ENTIER OU SUR PIÉCÉ ?

Au stade industriel, avec des appareils à lames ou à aiguilles, il est préférable d'attendrir des muscles entiers pour procéder ensuite à leur piéçage ou tranchage: cela permet de gagner en productivité pour la phase d'attendrissement et d'améliorer la présentation des produits.

La plupart des matériels sont d'ailleurs adaptés pour traiter de grosses pièces, mais il existe aussi des appareils utilisables au stade boucher (appareils à lames ou à aiguilles, plus simples que leurs équivalents industriels) sur des muscles piécés. Le sabrage, quant à lui, ne peut se faire que sur des muscles piécés (steaks ou rôtis par exemple).

Enfin, dans certains pays où l'attendrissement est très pratiqué (États-Unis, Canada, etc.), il existe même des appareils destinés aux restaurateurs et aux particuliers, à utiliser juste avant la consommation de la viande.

## CONSÉQUENCES BACTÉRIOLOGIQUES DE L'ATTENDRISSAGE MÉCANIQUE

L'attendrissement mécanique est une technique sensible sur le plan bactériologique, puisque des micro-organismes peuvent être introduits à cœur dans les viandes.

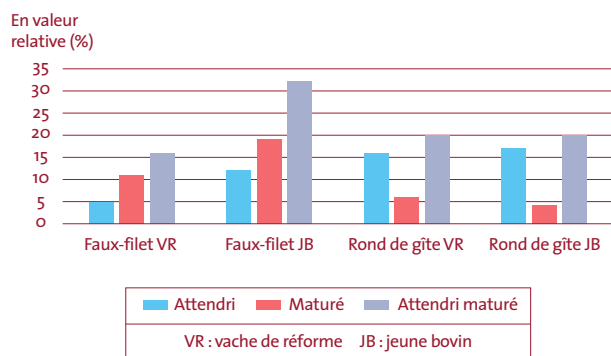


Figure n° 3: Gain de tendreté dû à l'attendrissement, la maturation et la combinaison attendrissement/maturation (Rochais et Bécherel, Interbev, ITEB, 1989)



Afin d'assurer la maîtrise sanitaire des produits, les entreprises qui pratiquent l'attendrissage mécanique mettent en place des procédures spécifiques pour le nettoyage du matériel, le raccourcissement du délai entre traitement et consommation, etc.; l'utilisation conjointe de la cuisson basse température (cf. Sous-fiche 3.1.9 *Tendreté et cuisson de la viande*) et de l'attendrissage mécanique doit aussi faire l'objet d'une attention toute particulière.

Au stade consommateur, la température de cuisson à cœur doit être suffisamment élevée pour détruire les éventuelles bactéries présentes.

## QUE DIT LA RÉGLEMENTATION ?

Aucun texte réglementaire européen ne traite spécifiquement à ce jour de l'attendrissage mécanique des viandes.

En France, l'arrêté du 12 novembre 1985 réglementant l'hygiène de la préparation des viandes attendries destinées à la consommation a été abrogé par l'arrêté du 21 décembre 2009<sup>2</sup> dans lequel aucune disposition réglementaire spécifique n'a été maintenue pour la production et la vente des viandes attendries.

En revanche, la dénomination de vente doit explicitement comporter la mention d'attendrissage. En effet, ce traitement modifie l'état physique des produits. De plus, de par leur aspect, les viandes ayant subi un attendrissage mécanique peuvent être confondues par les consommateurs avec des viandes non attendries. Or, conformément à la réglementation européenne et française en vigueur, il est obligatoire d'informer les consommateurs, dans le cas où l'omission de cette information pourrait les induire en erreur :

- l'annexe VI du règlement européen (CE) 1169/2011 relatif à l'information des consommateurs sur les denrées alimentaires précise que « *La dénomination de la denrée alimentaire comporte ou est assortie d'une mention relative à l'état physique dans lequel se trouve la denrée alimentaire ou au traitement physique qu'elle a subi* » ;
- l'article R112-7 du code de la consommation indique que « *L'étiquetage et les modalités selon lesquelles il est réalisé ne doivent pas être de nature à créer une confusion dans l'esprit de l'acheteur ou du consommateur, notamment sur les caractéristiques de la denrée alimentaire et notamment sur la nature [...] le mode de fabrication ou d'obtention* ».

Ainsi, tant qu'on en informe les consommateurs, il est tout à fait possible d'attendrir mécaniquement les viandes en France.

2. Arrêté du 21 décembre 2009 relatif aux règles sanitaires applicables aux activités de commerce de détail, d'entreposage et de transport de produits d'origine animales et denrées alimentaires en contenant.

## 9. TENDRETÉ ET CUISSON DE LA VIANDE

La cuisson est l'étape ultime de préparation de la viande avant sa consommation (hors produits consommés crus, façon « tartare »). Ce traitement thermique, ménager ou industriel, modifie fortement les caractéristiques mécaniques et organoleptiques, ainsi que la composition nutritionnelle, de la viande crue. C'est une opération délicate, dont la maîtrise est indispensable pour proposer des produits à la fois sains et agréables à consommer.



### EFFET DE LA CUISSON SUR LES COMPOSANTES DE LA TENDRETÉ

La cuisson, et en particulier la température atteinte à cœur, jouent un rôle majeur dans l'appréciation de la tendreté de la viande. En induisant une dénaturation protéique, la cuisson a un impact fort sur les deux composantes principales de la tendreté que sont le collagène et les fibres musculaires (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande). La dénaturation protéique agit également sur la jutosité de la viande, qui influence la perception de la tendreté. Selon la nature des protéines touchées, les modifications sur la viande sont différentes: de façon générale, la température de cuisson augmente la dureté due aux fibres musculaires, et peut, dans certaines conditions, réduire celle due au collagène. La perception globale de la tendreté dépend donc essentiellement de la résultante entre le niveau de durcissement des fibres musculaires et le niveau d'attendrissage du collagène.

### CUISSON ET FIBRES MUSCULAIRES

Les fibres musculaires sont constituées principalement de filaments d'actine et de myosine (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande). Sous l'effet de la chaleur, ces protéines sont progressivement dénaturées:

- dès 40 °C avec un maximum vers 50-52 °C pour la partie fibrillaire de la myosine;
- entre 55 et 65 °C pour la partie globulaire de la myosine;
- à partir de 68-70 °C, avec une dénaturation complète au-delà de 80 °C, pour l'actine.

Actine et myosine précipitent, coagulent, et se réarrangent dans l'espace en formant de nouvelles liaisons pour constituer un gel ferme. À partir de 50 °C, les fibres musculaires se rétractent: elles raccourcissent et leur diamètre diminue. Ces modifications s'intensifient au-delà de 70 °C, et, globalement, induisent un durcissement de la viande consécutif aux phénomènes de rétraction des myofibrilles et de perte de jutosité par exsudation.

### CUISSON ET COLLAGÈNE

Le collagène commence à se dénaturer vers 50-55 °C. Cette dénaturation s'accélère quand la température de cuisson augmente. L'évolution du collagène lors de la cuisson dépend du niveau de température:

- jusqu'à 60 °C, la dureté du collagène diminue par l'activation d'enzymes, les collagénases (enzymes de la famille des protéases\*), qui en affaiblissent la résistance;

- entre 60 et 65 °C, les fibres de collagène se rétractent brutalement, entraînant un durcissement du tissu conjonctif et l'expulsion d'eau par la compression des fibres musculaires;
- à partir de 65 °C, le collagène, en présence d'eau, commence à se solubiliser et à se transformer en gel; la part de ce gel retenue entre les fibres musculaires joue un rôle de lubrifiant et donne une certaine onctuosité au produit: la gélatinisation du collagène en réduit fortement la dureté.

La gélatinisation du collagène augmente avec la température et la durée de cuisson. Elle est favorisée par un faible degré de réticulation du collagène (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande) et dépend du type d'humidité: l'eau liquide est plus efficace que la vapeur.

### CUISSON ET JUTOSITÉ

La cuisson a aussi un effet sur les pertes en eau (cf. Figure n° 1), avec un impact négatif sur la jutosité initiale (quantité de jus qui s'écoule rapidement dans la bouche pendant les premières mastICATIONS – cf. Fiche 3.4 Jutosité de la viande): à dureté équivalente, une viande plus juteuse sera perçue comme plus tendre.

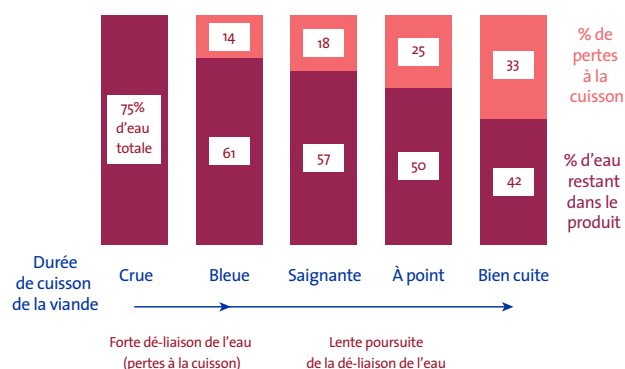


Figure n° 1: Plus la cuisson est intense et/ou longue, plus les pertes en eau sont importantes (cas d'une cuisson rôtie - Idele, 1988)

La libération du jus se fait en deux étapes:

- la chaleur provoque d'abord la dé-liaison de l'eau fixée par les protéines des fibres musculaires; ce phénomène est d'autant plus marqué que la température de cuisson est élevée;
- l'eau libérée est ensuite expulsée par la rétraction du tissu conjonctif: il y a d'autant plus de jus exsudé que la cuisson

est longue, que le morceau est riche en collagène, et que le degré de réticulation du collagène est élevé.

Le couple temps-température de cuisson, la quantité et la qualité du collagène du morceau ont ainsi un impact important sur les pertes de matières et le rendement de cuisson.

## ORIENTATION CULINAIRE DES MUSCLES

Un mode de cuisson adapté, optimisant les effets de la cuisson sur le collagène mais aussi sur les fibres musculaires, est donc essentiel pour préserver le potentiel de tendreté des morceaux ou exploiter leur potentiel de moelleux, et garantir un produit agréable à consommer. La *Figure n° 2* schématise l'action de la température sur la dénaturation des fibres musculaires et du collagène, et la résultante en termes de résistance de la viande.

Une augmentation de la résistance se produit entre 40 et 55 °C. Elle est due à la dénaturation de la partie fibrillaire de la myosine. Un palier est ensuite observé du fait de l'action des collagénases sur le tissu conjonctif, qui prend le pas sur la dénaturation de la partie globulaire de la myosine jusque vers 60 °C. L'augmentation de la résistance est alors surtout liée à la rétraction du collagène, puis à la dénaturation de l'actine, avec un maximum observé vers 80 °C. La gélatinisation du collagène intervient de façon intense pour des températures plus élevées et des durées de cuisson longues en milieu humide. Elle permet une diminution importante de la résistance de la viande.

Cette évolution schématique et l'impact de la cuisson (dénaturation protéique, pertes en jus) est à moduler en fonction de la durée de la cuisson mais surtout de la quantité de tissu conjonctif. L'orientation culinaire des morceaux est donc basée sur leur quantité de collagène (cf. *Figure n° 3*, cf. *Sous-fiche 1.1.2 La dénomination des morceaux*):

- les muscles pauvres en collagène sont préférentiellement orientés vers des cuissons rapides en chaleur sèche, qui vont nécessairement dégrader à la fois leurs composantes

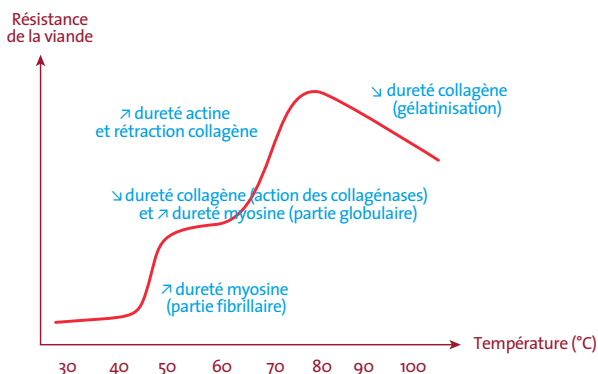


Figure n° 2 : Illustration de l'action de la température sur les fibres musculaires et le collagène

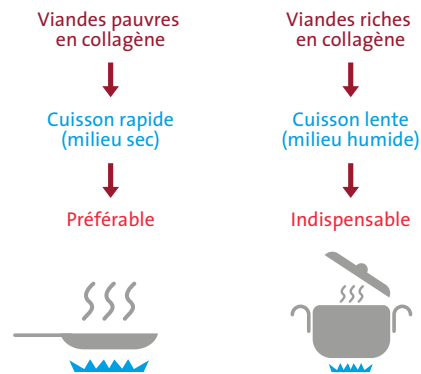


Figure n° 3 : Mode de cuisson des muscles adapté selon leur taux de collagène

myofibrillaire et collagénique ; la cuisson appliquée doit donc être la plus brève possible pour éviter de dépasser 60 °C : c'est pourquoi ces morceaux sont dits à cuisson rapide<sup>1</sup> ;

- les muscles riches en collagène doivent impérativement être cuits longtemps en milieu humide, à des températures de 80 °C minimum permettant la gélatinisation du collagène ; les cuissons rapides en chaleur sèche ne sont pas envisageables car elles entraîneraient une rétraction trop importante du collagène pour que la viande reste consommable : c'est la raison pour laquelle ces morceaux sont dits à cuisson lente.

### CUISSON RAPIDE

Les muscles pauvres en collagène nécessitent une cuisson brève à température élevée afin de préserver leur potentiel de tendreté. Le mode de cuisson le plus adapté est une cuisson rapide à température modérée et en milieu sec, pour ces morceaux « à griller » (cuisson au grill), « à poêler » (cuisson à la poêle) ou « à rôtir » (cuisson classique au four<sup>2</sup>).

La périphérie du morceau est saisie pour faire apparaître rapidement une croûte superficielle formée par la caramélisation des sucres et les réactions de Maillard<sup>3</sup> : ce phénomène de marquage\* limite les pertes en eau et contribue au brunissement de la viande, ainsi qu'à l'apparition de saveurs caractéristiques.

À cœur, la température ne doit pas dépasser 60 °C pour éviter la dénaturation de l'actine et préserver la tendreté et la jutosité du morceau. Au-delà, la viande durcit par rétraction du collagène et des fibres musculaires, avec des pertes plus importantes en jus (le durcissement maximum est observé vers 80 °C).

En fonction de la température appliquée, la couleur de la viande évolue du fait de la dénaturation de la myoglobine, principal pigment responsable de sa couleur (cf. *Fiche 3.2 La couleur de la viande*). La myoglobine va ainsi passer de sa couleur rouge d'origine vers le rose, puis vire au brun/gris à 60 °C

1. Une cuisson lente peut être appliquée à ces morceaux mais ne permet pas leur valorisation optimale.

2. Température ambiante autour de 200 °C.

3. Réactions chimiques entre sucres et acides aminés de la viande.

(cf. Figure n° 4). Sa couleur permet de déterminer précisément les niveaux de cuisson de la viande, dans une gamme de températures allant de 50 à 62 °C.

Vers 50-52 °C, la viande est dite « bleue » : elle est encore rouge à cœur et molle.	
Ensuite et jusqu'à 55 °C, la viande devient « saignante » et un peu plus ferme.	
Entre 55 et 60 °C, la viande passe d'un rosé saignant à un rosé à point, devient plus ferme encore et commence à exsuder du jus.	
À partir de 62 °C, la viande est « bien cuite » : la chaleur a atteint le centre du morceau qui est ferme à cœur, avec des gouttes d'exsudat qui ont fortement perlé en surface.	

Figure n° 4: Description et illustrations des niveaux de cuisson (photos La-viande.fr)

**CUISSON LENTE**

La cuisson prolongée en milieu humide est la méthode la plus traditionnelle d'attendrissage de ces muscles destinés par exemple au bourguignon ou au pot-au-feu : elle permet d'exprimer le potentiel de moelleux par solubilisation et transformation du collagène en gélatine de ces morceaux « à mijoter » (cuisson dans un jus ou « à bouillir » (cuisson dans l'eau)). Leur dureté est donc significativement réduite, et la gélatine formée donne de l'onctuosité à ces viandes.

La température à cœur des morceaux doit atteindre au moins 80-90 °C, et la durée de cuisson plusieurs heures. La cuisson dans l'eau permet d'atteindre plus rapidement la gélatinisation que la cuisson à la vapeur. La durée de cuisson devra être d'autant plus longue que le degré de réticulation du collagène est élevé. La viande ainsi attendrie conserve toutefois sa texture fibreuse car la myosine et l'actine des fibres musculaires sont insolubles, contrairement au collagène, et ont durci lors de la montée en température.

Les morceaux à cuisson lente correspondent moins aujourd'hui aux attentes des consommateurs pour des questions de temps de préparation et de méconnaissance culinaire. C'est pourquoi la grande majorité de ces muscles est aujourd'hui dirigée vers la fabrication de viande hachée. D'autres techniques d'attendrissage, encore peu utilisées en France, sont également possibles (cf. Sous-fiche 3.1.8 Tendreté et attendrissage mécanique des viandes).

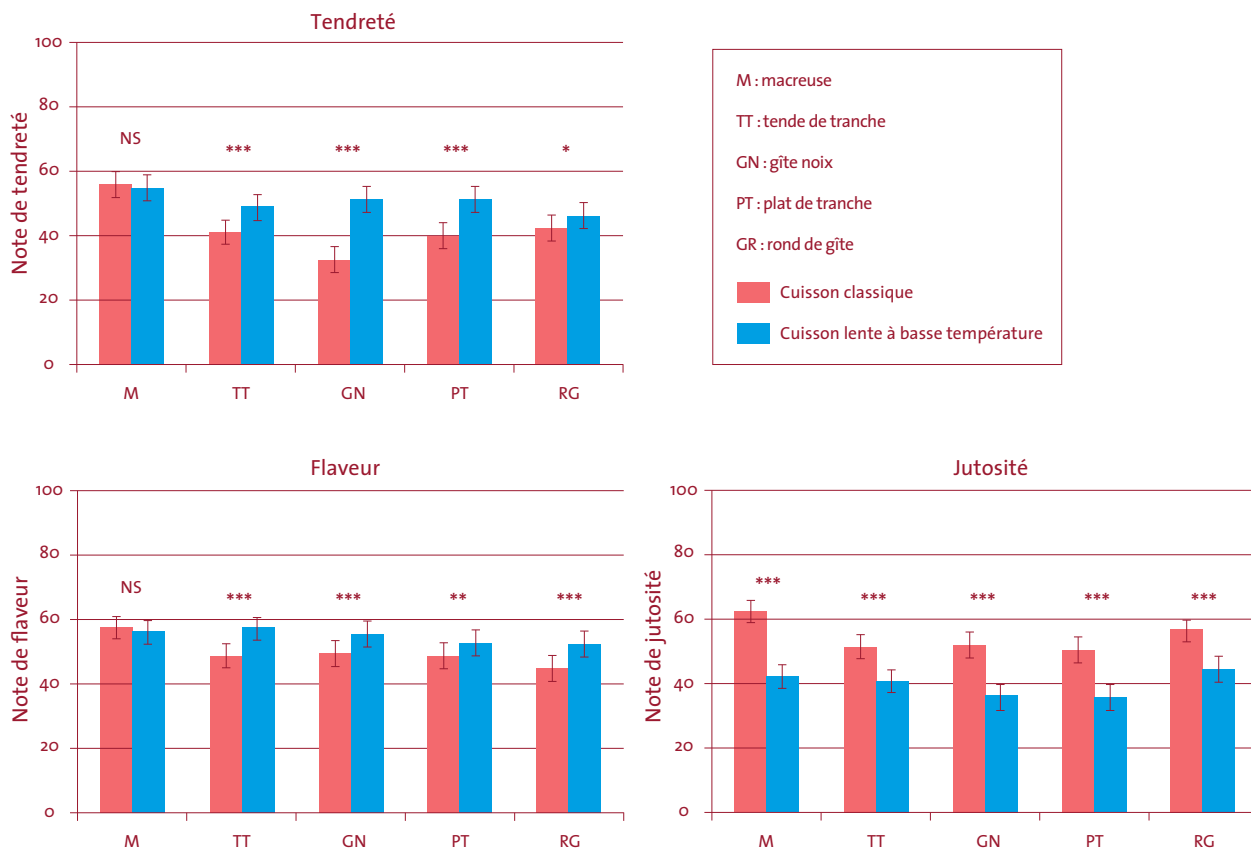


Figure n° 5: Effet comparé de la cuisson classique et de la cuisson à basse température sur la tendreté, la jutosité et l'intensité de flaveur (évaluation sensorielle expert, notes de 1 à 100), de cinq muscles (Idele, 2013)

**CUISSON ALTERNATIVE À BASSE TEMPÉRATURE**

La cuisson à basse température consiste à élever très progressivement la température de la viande jusqu'à 55-60 °C environ, et à maintenir cette température pendant plusieurs heures (par exemple une douzaine d'heures). Elle permet une moindre modification de l'état des fibres musculaires (en ne dénaturant pas l'actine), tout en diminuant la dureté de base due au collagène grâce à l'action des collagénases\*, et par la gélatinisation, lente mais possible à ces températures. Elle peut être utilisée pour des pièces pauvres en collagène mais permet de mieux valoriser des viandes riches en collagène.

Par rapport aux procédés classiques, ce mode de cuisson aboutit à une tendreté et une intensité de flaveur généralement supérieures, mais dégrade la jutosité (cf. Figure n° 5).

Les pertes de matière à la cuisson sont légèrement supérieures à celles observées en cuisson classique.



**Figure n° 6 : Tranche de rôti (macreuse) : en haut après cuisson classique ; en bas après cuisson à basse température (Idele, 2013)**

L'étape de marquage des viandes, favorable à la flaveur, peut être réalisée avant la phase de cuisson à basse température, ou bien après cuisson, juste avant le tranchage des portions.

Le choix du couple temps/température est primordial (cf. *Étude cuisson basse température, fiches Bœuf, Interbev 2016*) :

- pour les morceaux riches en collagène, moins la température appliquée est élevée et plus la durée de cuisson doit être longue, pour obtenir la gélatinisation complète du collagène ;
- pour les morceaux à cuisson rapide, la température est le critère le plus important car il permet de définir le niveau de cuisson voulu (saignant, à point, etc. - cf. paragraphe « Cuisson rapide ») ; le morceau placé ensuite à température constante conserve son niveau de cuisson de façon homogène, à cœur comme en périphérie (un rôti de bœuf peut par exemple rester plusieurs heures saignant si l'ambiance du matériel de cuisson est maintenue entre 58 et 60 °C, cf. Figure n° 6).

La cuisson à basse température est parfois conduite en version sous vide. Ce mode de cuisson permettrait des pertes matières un peu plus faibles (rendement supérieur d'au moins 2 à 3 % par rapport à la cuisson basse température seule, sur produit nu), et un allongement de la DLC (dans le respect des règles relatives à la durée de vie des aliments).

La qualité organoleptique globale des produits serait au mieux équivalente à celle des morceaux issus d'une cuisson classique ; sans effet sur la jutosité et la tendreté, le marquage des pièces permet cependant une amélioration de la flaveur.

La cuisson sous vide, quelle que soit la température de cuisson, impose le choix de matériaux adaptés.

## 10. MESURE ET MÉTHODES PRÉDICTIVES DE LA TENDRETÉ DE LA VIANDE

Plusieurs méthodes de mesure et de prédiction peuvent aider les professionnels à maîtriser la tendreté des produits qu'ils commercialisent. La tendreté correspond à une somme de sensations perçues lors de la mastication.



La garantie de la tendreté est un enjeu commercial majeur : les consommateurs attendent en effet que la viande qu'ils achètent soit tendre, et cela de façon régulière dans le temps. Or il n'existe pas, à ce jour, d'outil de mesure fiable, rapide, non destructif, facile à mettre en œuvre, adapté aux conditions industrielles et peu coûteux, pour orienter les carcasses et/ou les muscles vers des circuits de niveau de tendreté défini. C'est pourquoi les professionnels n'ont pas d'autre choix, en l'absence de possibilité de mesure, que de s'appuyer sur leur expertise et sur divers guides, normes et cahiers des charges spécifiques, pour gérer le niveau moyen et la régularité de la tendreté des viandes. Ils sont donc demandeurs de critères objectifs et d'outils pratiques qui leur permettraient de déterminer la tendreté de leurs produits en temps réel, et de la garantir auprès des consommateurs.

La tendreté peut correspondre à la facilité avec laquelle la viande se laisse trancher, mastiquer, déglutir, ou encore de la résistance qu'elle présente au tranchage ou à la mastication (on parle alors de dureté). Ces méthodes de mesure et de prédiction s'appuient sur des techniques variées : analyse sensorielle, rhéologie<sup>1</sup>, approches physico-chimique, génomique... Elles répondent à des objectifs différents, présentent des avantages et des inconvénients sur le plan pratique, et leur capacité à évaluer la tendreté est plus ou moins fiable.

### LES MÉTHODES SENSORIELLES

#### L'ANALYSE SENSORIELLE

L'analyse sensorielle est aujourd'hui la méthode de référence qui rend le mieux compte de la tendreté, telle que globalement perçue par le consommateur (cf. Sous-fiche 5.1.3 L'analyse sensorielle appliquée à la viande) (cf. Figure n° 1). On distingue deux types d'approches sensorielles complémentaires, car permettant de répondre à des questions différentes :

- l'approche analytique, réalisée par un jury d'experts, consiste à décrire les caractéristiques sensorielles d'un produit de façon objective et précise ;
- l'approche hédonique, réalisée par un jury de consommateurs naïfs, consiste à positionner le produit par rapport aux préférences et aversions des consommateurs. Son objectif est d'approcher l'opinion d'une population cible, dans un contexte et à un moment donnés.

L'analyse sensorielle est réalisée selon différentes échelles de notation, structurées par niveaux ou continues, avec ou sans qualificatifs (très tendre, moyennement tendre, peu tendre, etc.).



Figure n° 1 : L'évaluation sensorielle est le meilleur outil pour évaluer la tendreté

Directe et complète, l'analyse sensorielle constitue aujourd'hui la méthode de référence. Elle est cependant lourde à mettre en œuvre (salle spécifique, convocation d'un jury, etc.), coûteuse, destructive, et exige beaucoup de rigueur dans le respect des protocoles. En effet, le plan d'échantillonnage et d'expérience, la constitution du jury, le type d'essai, la préparation des produits, etc. doivent être établis avec soin pour éviter les biais, et exploiter les résultats de façon à répondre à la question initialement posée. L'analyse sensorielle ne peut pas être utilisée en routine pour déterminer la tendreté des viandes en temps réel, mais trouve sa place en entreprise, par exemple pour le développement de nouveaux produits et la vérification de leur acceptabilité par les consommateurs, au moyen de jurys internes.

#### MÉTHODES SENSORIELLES UTILISÉES PAR LES PROFESSIONNELS

D'autres méthodes, permettant d'apprécier la tendreté à des degrés divers, sont utilisées sur le terrain. Leur fiabilité reste à démontrer.

#### La pression du pouce

Comme son nom l'indique, la méthode de « pression du pouce » consiste à exercer une pression avec le pouce à la surface de la viande : elle repose sur un savoir-faire professionnel, pour repérer la limite entre zones tendres et dures d'un même muscle. Cette méthode est utilisée par les artisans bouchers sur les muscles PAD\*, en particulier pour la pratique de l'affranchi\* (cf. Sous-fiche 3.1.7 Choix des morceaux, travail des

1. La rhéologie étudie la déformation et l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

viandes et tendreté). Elle est parfois utilisée en entreprise par certains opérateurs, pour juger la tendreté moyenne d'une carcasse par le toucher de muscles accessibles lors de la coupe de gros. Cependant, cette méthode de terrain directe, simple, non destructive et peu coûteuse, ne permet pas d'orienter les carcasses selon différents circuits de distribution, ni de hiérarchiser les muscles de la carcasse selon leur niveau de tendreté. Elle est, de plus, subjective et difficilement transmissible, donc reproductible.

### Autre méthodes empiriques

Des méthodes basées sur la vue et le toucher sont parfois utilisées par les professionnels; il s'agit par exemple de l'évaluation du « grain de viande », dont la finesse serait liée à la tendreté potentielle de la viande. Aucune étude n'a cependant permis à ce jour de valider ces pratiques.

## LES MÉTHODES PHYSIQUES BASÉES SUR LA RHÉOLOGIE

Pour pallier les contraintes et la lourdeur de l'analyse sensorielle, de nombreuses méthodes de mesure de la tendreté de la viande ont été investiguées. Les méthodes physiques de mesure de la tendreté font appel à des instruments qui tentent de simuler les perceptions du consommateur pendant la mastication, puis de les mesurer. Simples et moins coûteux, ces tests directs mesurent les forces nécessaires pour déformer la viande par cisaillement, compression, étirement, etc.; leur mode opératoire est destructif et la préparation des échantillons demande une grande rigueur. Ils modélisent seulement ce qui est perçu lors de la première bouchée (éventuellement la seconde) et non toute la mastication. Ils ne sont pas utilisables en routine, et sont donc destinés à une utilisation en laboratoire.

### MESURE DE LA FORCE DE CISAILLEMENT (MÉTHODE DE WARNER-BRATZLER)

La force de cisaillement correspond à la contrainte nécessaire pour faire passer une lame à travers un échantillon de viande, perpendiculairement aux fibres musculaires. Ce principe de mesure a été historiquement développé par K. Warner et amélioré par L. Bratzler; il a conduit dans les années 1950 à la mise au point d'une méthode de mesure, dite de Warner-Bratzler (ou WBSF<sup>2</sup>), sur laquelle reposent les cellules de mesure de la force de cisaillement utilisées aujourd'hui (cf. Figure n° 2). Sur

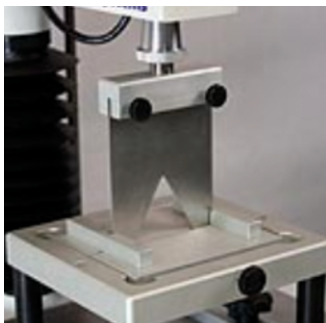


Figure n° 2: Cellule de mesure de type Warner-Bratzler avec la lame utilisée pour la viande

viande crue maturée où la résistance des myofibrilles peut être négligeable par rapport à celle du collagène (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande), la force de cisaillement permet une bonne approximation de la résistance du tissu conjonctif, et donc de la dureté de base de la viande. Sur viande cuite, la résistance mesurée est aussi dépendante de la façon dont le collagène est affecté par le mode et le temps de cuisson (cf. Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande). L'échantillon est comprimé jusqu'à ce qu'il soit coupé; le profil de la force appliquée tout au long de la mesure est enregistré, mais la valeur communément utilisée est le pic maximum de la force appliquée au moment de la séparation de l'échantillon en deux parties.

Les performances de cette méthode sont particulièrement sensibles aux conditions de réalisation (orientation des fibres, vitesse de passage de la lame, température de l'échantillon, nombre de répétitions, instruments et temps de cuisson, etc.). Or le protocole de mesure a été adapté selon les pays et les différentes équipes de recherche, ce qui rend les résultats difficilement comparables d'une étude à une autre, malgré des tentatives de standardisation.

Objective et rapide, la méthode WBSF est aujourd'hui la méthode instrumentale de détermination de la résistance de la viande la plus utilisée au plan international.

### MESURE DE LA FORCE DE COMPRESSION ET AUTRES MESURES RHÉOLOGIQUES

Les méthodes basées sur la compression ont pour principe de comprimer un échantillon de viande crue ou cuite, jusqu'à un degré défini: l'échantillon reste entier mais son volume diminue. Ainsi, plus la force appliquée pour comprimer l'échantillon est importante, plus celui-ci est dur. La méthode Inra, développée selon ce principe en 1985, consiste à comprimer l'échantillon à 20 puis 80 % de son épaisseur: les résultats des études menées par l'Inra ont montré que ces deux niveaux de compression sont respectivement représentatifs de la résistance myofibrillaire et de la résistance collagénique.

Il existe d'autres méthodes développées sur le même principe, comme l'analyse du profil de la texture (Texture Profile Analysis ou TPA), qui consiste à comprimer l'échantillon entre 60 et 90 % de son épaisseur, sur deux cycles, pour simuler la mastication. Comparativement à la méthode WBSF, ces méthodes sont moins utilisées dans les travaux internationaux; elles sont moins documentées et l'analyse de leurs performances est moins bien connue.

Plus globalement, les tests de cisaillement et de compression sont moins sensibles que l'évaluation sensorielle, car ils ne modélisent que la part de la perception de la tendreté liée à la première, voire la deuxième mastication. D'autres tests rhéologiques (mastication, pénétration, hachage, extrusion, extension, torsion, etc.) ont été explorés, sans démontrer à ce jour d'intérêt supplémentaire par rapport à la mesure de la force de cisaillement selon Warner-Bratzler. Il est cependant à noter que quelques équipes de par le monde travaillent au développement de mâchoires artificielles, dans l'objectif de mimer de la façon la plus réelle possible la mastication.

2. WBSF: Warner-Bratzler Shear Force.

## LES MÉTHODES PHYSICO-CHIMIQUES : SPECTROSCOPIE

L'objectif des méthodes physico-chimiques est la mesure par une technique physique d'un ou plusieurs constituants organiques en lien avec la tendreté de la viande; ces méthodes sont dites indirectes car elles mesurent une autre caractéristique utilisée comme un indicateur du critère recherché, ici la tendreté. Les deux composantes de la tendreté sont concernées : la composante conjonctive, au travers du collagène, et la composante musculaire, au travers de certaines molécules constitutives des fibres qui influent sur la tendreté, même de façon minime (protéines, lipides, eau, etc.). Ces méthodes sont basées sur la spectroscopie (spectrométrie) ou des méthodes électriques.

La spectroscopie est basée sur l'absorption de la lumière par les composés organiques. Elle consiste en l'étude d'un spectre, c'est-à-dire la répartition d'une onde ou d'un faisceau d'ondes en fonction de la fréquence ou de l'énergie. Les appareils utilisés sur la viande mesurent les radiations électromagnétiques émises ou absorbées, suite à l'excitation des molécules organiques constituant la viande par un rayonnement lumineux pour certaines longueurs d'onde (spectres visibles VIS et proches infrarouge NIR<sup>3</sup>, et rayons X - fluorescence). Une calibration (ou étalonnage) est nécessaire pour établir une relation, via l'élaboration d'équations de prédiction, entre les spectres mesurés et une méthode de référence d'évaluation de la tendreté (généralement analyse sensorielle ou WBSF).

L'exemple d'application le plus connu est le QualitySpec®Beef Tenderness (QSBT). Cet outil, basé sur la spectroscopie dans le proche infrarouge, a été développé par une société américaine (ASD Inc). Les spectres obtenus par le QSBT permettent une prédiction assez précise de la force de cisaillement selon Warner-Bratzler à quatorze jours de maturation.

Cet outil permet de classer les carcasses en deux catégories selon leur potentiel de tendreté (tendre ou dur). Cette mesure, simple d'utilisation, rapide et non destructive, a été adaptée aux conditions industrielles et est utilisable sur les lignes de fabrication. Au moins un opérateur américain, Cargill, l'utiliserait encore. Cet appareil est toujours commercialisé. Il a été testé en France en 2008 (Interbev, Idele) avec la calibration développée par les Américains. Il s'avère que cette calibration n'a pas permis de démontrer le bon fonctionnement du QSBT, notamment pour des gammes de valeurs plus hautes de WBSF rencontrées pour les carcasses mesurées. Il aurait été nécessaire pour cela de développer une calibration spécifique adaptée au contexte français (découpe, type de carcasse, cuisson, etc.).

Dans le cadre du projet QualiSpec (2014-2017), un outil portable (LabSpec 4) commercialisé par la même société américaine a été testé en France. Sa capacité à prédire la tendreté a été évaluée sur quatre muscles différents, après réalisation d'une calibration spécifique. Les meilleurs résultats ont été obtenus pour la prédiction du niveau de tendreté en deux classes d'échantillons de muscles broyés, avec un taux de bon classement de 85 %. Ces résultats sont donc très encourageants

quant au potentiel de la SPIR à identifier des classes de tendreté. La robustesse des modèles développés doit cependant être renforcée pour consolider ces avancées.

L'imagerie hyperspectrale est une technologie assez récente, combinant la SPIR et l'analyse d'image. Elle permet d'identifier des composants organiques ainsi que leur répartition spatiale. Les outils de ce type sont encore au stade de développement. Le TenderSpec™ Beef Classification System, par exemple, devrait être prochainement commercialisé aux États-Unis. Il permettrait, grâce à des traitements numériques protégés, de classer les viandes de façon plus précise selon leur niveau de tendreté, à partir de caractéristiques biologiques. Des essais semblent montrer que cet outil serait transposable, après calibration et adaptation des algorithmes de calcul, au contexte australien.

Plus globalement, les méthodes spectroscopiques disponibles actuellement pour la mesure de la tendreté de la viande sont adaptées aux contraintes industrielles, car généralement rapides, peu coûteuses et non invasives, en dépit d'un investissement initial élevé. Elles peuvent également être utilisées à grande échelle et éventuellement automatisées. Elles peuvent aussi servir à la mesure d'autres critères (pH, couleur, teneur en lipides totaux, composition en acides gras, etc.). Cependant, la mise en place de ces méthodes passe nécessairement par une phase de calibration, dont la précision et la qualité sont déterminantes.

Cette phase de calibration, qui représente un gros investissement, reste à réaliser pour rendre ces méthodes exploitables dans un contexte donné. Enfin, certaines méthodes, comme l'imagerie hyperspectrale, sont encore en phase de développement et de mise au point.

D'autres méthodes (analyse d'images vidéo, mesure sur le spectre des ultrasons, résonance magnétique nucléaire, capteurs hyperfréquence, etc.) ont été explorées, mais ne se sont pas montrées plus concluantes à ce jour.

## LES MÉTHODES CHIMIQUES

Les méthodes chimiques, indirectes, ont pour objectif la mesure de certains paramètres biochimiques liés au déterminisme de la tendreté de la viande, et dont les variations sont susceptibles d'expliquer des différences de tendreté observées. Elles sont longues, coûteuses, destructives, expérimentales et non adaptées à une utilisation industrielle. Elles portent par exemple sur :

- le dosage du collagène total (représentant environ 80 % du poids du tissu conjonctif) ou de sa fraction insoluble (en lien avec son degré de réticulation, cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) ;
- la détermination du type des fibres musculaires (I, IIA et IIX, cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande), ou de leur taille (surface, longueur), de leur nombre ou encore de la longueur des sarcomères ;
- le dosage d'enzymes impliquées (ou supposées l'être) dans la maturation (cf. Sous-fiche 3.1.6 Tendreté de la viande et maturation).

3. En abrégé VIS NIR (VISible Near InfraRed).



Étant donné la complexité des mécanismes biologiques mis en jeu, ces paramètres, considérés individuellement, n'ont qu'un faible pouvoir prédictif de la tendreté ou du degré de maturation. Ces analyses chimiques peuvent cependant être utilisées en complément d'autres méthodes, pour expliquer l'origine de différences de tendreté constatées.

### L'APPORT DES APPROCHES GÉNOMIQUE<sup>4</sup>, TRANSCRIPTOMIQUE<sup>5</sup> ET PROTÉOMIQUE<sup>6</sup>

La tendreté est un caractère potentiellement améliorable par sélection, même si son déterminisme est complexe: elle est en effet dotée d'une héritabilité non négligeable (estimée entre 20 et 25 %), et d'une variabilité génétique certaine. Les possibilités de sélection génétique sont cependant dépendantes de l'existence d'un outil de mesure ou d'estimation de la tendreté qui soit opérationnel, peu coûteux et utilisable sur de grands effectifs.

Les travaux se sont intéressés au génome bovin (génomique) et/ou à son expression (transcriptomique, protéomique, etc.), dans l'objectif d'une maîtrise des caractéristiques biochimiques du muscle de l'animal vivant, en fonction de paramètres génétiques ou d'élevage. Les caractéristiques biochimiques visées étaient impliquées notamment dans le déterminisme de la tendreté de la viande. La finalité de ces études est de prédire le potentiel de tendreté du muscle après maturation, sur la base d'équations de prédiction établies muscle par muscle, et pour chaque catégorie d'animal et de race.

Plusieurs programmes de recherche ont été conduits ces dernières années pour identifier des gènes d'intérêt, dont le polymorphisme aurait un impact important sur l'expression de la tendreté. Des kits de génotypage ont ainsi été développés et commercialisés à l'étranger (États-Unis et Australie par exemple), mais ils se sont révélés peu adaptés à la population bovine française. En France, le premier projet de grande ampleur, Qualvigene, a débuté en 2003 et a permis de valider ou d'invalider des marqueurs génétiques connus pour être impliqués dans la qualité de la viande. Il a aussi conduit à la mise en évidence de régions du génome associées notamment à la tendreté de la viande. D'autres marqueurs fonctionnels (protéines, gènes) ont également été identifiés au travers de ce projet et du projet Mugene, et ont permis l'établissement des puces Genotend (puce à ARN, approche transcriptomique) et Phenotend (puce à anticorps, approche protéomique). L'objectif du projet Phenotend (2011-2013) était l'obtention d'un outil de phénotypage permettant la collecte de dosages de protéines musculaires liées au potentiel de tendreté sur animaux vivants. Ces dosages ont été mis en relation avec la tendreté évaluée par analyse sensorielle ou par méthode WSBF. Les résultats ont montré une bonne capacité de prédiction de la tendreté sur le muscle *longuissimus dorsi* à partir d'une petite dizaine de protéines. D'autres outils d'analyse protéomique ont été développés depuis, mais ils sont difficilement

généralisables pour le moment à l'ensemble des muscles, types d'animaux et races bovines françaises, et surtout difficilement utilisables à grande échelle sur le terrain.

Aucun modèle basé sur la combinaison de mesures de caractéristiques musculaires ne s'est avéré à ce jour suffisamment performant et généralisable. Les progrès notables réalisés ces dernières années par les techniques de quantification des protéines biomarqueurs semblent cependant prometteurs et laissent entrevoir des possibilités d'application. De plus, les informations apportées sur le potentiel génétique par les approches génomiques pourraient être combinées avec des données plus globales (type de muscle, conduite en élevage, process d'abattage et transformation, etc.) et permettre, à terme, une éventuelle sélection génomique sur des caractères de qualité de viande, et en particulier la tendreté.

### LA MODÉLISATION PHÉNOTYPIQUE

Certains systèmes de prédiction de la qualité s'appuient sur de nombreuses données, récoltées de l'amont jusqu'à l'aval, pour garantir la qualité des produits.

Dans certains pays, ces systèmes sont déjà en place, à l'image du système MSA (Meat Standards Australia). Cette méthode repose sur un modèle mathématique combinant de nombreuses évaluations sensorielles de consommateurs naïfs (cf. paragraphe précédent « L'analyse sensorielle ») pour plusieurs muscles de la carcasse et des informations enregistrées sur les animaux correspondants, les conditions de pré-abattage et d'abattage, la viande et sa transformation. Tendreté, flaveur, jutosité et appréciation globale sont prédites et combinées selon quatre classes de qualité. Cette approche intégrative permet de garantir de manière assez fiable un niveau de qualité au consommateur.

### BILAN COMPARATIF

En conclusion, très peu de méthodes d'évaluation de la tendreté sont finalement envisageables pour une utilisation industrielle, alors que beaucoup le sont dans le cadre d'études et de recherches. Le choix et la combinaison d'une ou de plusieurs méthodes dépendent donc de l'objectif poursuivi.

L'analyse sensorielle est la méthode de référence de mesure de la tendreté. Pratiquée depuis longtemps, elle présente l'avantage d'être reconnue et de donner des résultats considérés comme fiables. Elle est donc à privilégier pour établir des bases de comparaison pour d'autres approches, de nouveaux produits ou de nouvelles méthodes de production. Elle est cependant longue et coûteuse, et ne peut pas être utilisée sur des lignes de production.

La méthode WSBF est, quant à elle, la méthode rhéologique la plus utilisée en laboratoire. Elle est plus rapide et moins coûteuse, mais ne modélise pas la tendreté dans sa globalité comme le permet l'analyse sensorielle.

4. La génomique est la science qui étudie à la fois la structure, le contenu, la fonction et l'évolution des génomes, c'est-à-dire l'ensemble du matériel génétique porté par un être vivant.

5. La transcriptomique est l'étude de l'expression des transcrits (ARN messenger) d'un tissu à un instant donné; cette étude peut être réalisée par séquençage du génome à haut débit, avec des techniques de biologie moléculaire automatisées.

6. La protéomique est l'étude simultanée de l'expression de l'ensemble des protéines d'une cellule, d'un tissu ou d'un organe.

Les méthodes chimiques, indirectes, permettent de doser des constituants musculaires connus pour avoir une influence sur le potentiel de tendreté. Considérés individuellement ou en combinaison, ces critères n'ont qu'un faible pouvoir de prédiction, et les analyses pour les déterminer sont plutôt longues et coûteuses. Elles ne peuvent donc pas répondre aux contraintes d'une utilisation industrielle.

Les méthodes physico-chimiques sont également indirectes et reposent essentiellement sur la spectroscopie. Elles sont relativement récentes et présentent un fort potentiel car non-invasives, rapides et ne nécessitant pas un matériel très coûteux. Elles sont particulièrement adaptées à un suivi de production. Les études menées à ce jour indiquent une bonne efficacité moyennant des adaptations. Ces méthodes présentent toutefois quelques inconvénients : elles sont développées dans un cadre précis (pays, cheptel, méthodes de production) et leur transposition dans un nouveau contexte ne peut pas se faire sans un investissement important pour

l'adaptation du protocole (algorithmes, base de données de référence), ni sans une comparaison avec des données issues des méthodes de référence. Proposées par des sociétés commerciales, il peut aussi s'avérer difficile ou coûteux de les employer sur le long terme.

Les approches génétiques permettent d'aller plus loin dans la recherche de ce qui fait la tendreté de la viande. Elles sont longues et coûteuses, et pas forcément adaptées à toutes les populations bovines. Il semble préférable de les combiner à des méthodes de référence dans le cadre de projets de recherche ou d'amélioration très poussés. Les progrès théoriques et technologiques les rendront probablement de plus en plus abordables dans le futur.

Enfin, les méthodes de modélisation phénotypique semblent prometteuses en matière de garantie de la tendreté envers les consommateurs et tendent à se développer à travers le monde.

# 2

## COULEUR DE LA VIANDE

La couleur de la viande rouge est primordiale pour le consommateur qui la place souvent en tête des critères de choix, avec la proportion de gras dans le morceau. En France, la couleur rouge vif est recherchée pour la viande de gros bovins, sauf dans quelques régions, où la préférence va à une viande plus claire. C'est également le cas à l'export. La couleur rouge est fonction de la teneur en pigment (myoglobine) et de la forme chimique du pigment, de la structure du muscle (et donc de son pH), et du développement de la flore microbienne à la surface de la viande. Divers problèmes peuvent modifier la couleur: viandes à pH élevé, pigmentation insuffisante en lien avec certains facteurs biologiques, altérations au fil du temps, etc. Il est nécessaire, dans la mesure du possible, de maîtriser ces difficultés éventuelles durant la conservation pour ne pas pénaliser la commercialisation.



### LES QUATRE COMPOSANTES DE LA COULEUR DE LA VIANDE

Quatre composantes déterminent la couleur de la viande: deux d'entre elles interviennent sur le produit frais et les deux autres pendant la conservation (cf. Figure n° 1).

À l'état frais, les différences de couleur de la viande sont surtout dues à:

- la composante quantitative, c'est-à-dire la quantité de pigment rouge (myoglobine) dans le muscle, qui détermine la saturation de la couleur (rouge vif ou terne, grisâtre);
- la composante structurelle des pigments de la couleur, elle-même liée à la structure physique du muscle et en particulier à son degré d'acidification (pH), qui modifie la luminosité du produit (rouge plus ou moins clair).

1) **QUANTITATIVE**  
Structure physique du muscle (pH)

LUMINOSITÉ  
rouge clair ou sombre

2) **STRUCTURELLE**  
Quantité de pigment rouge (fer)

SATURATION  
du gris au rouge franc

3) **QUALITATIVE**  
Forme chimique du pigment

4) **BACTÉRIOLOGIQUE**  
Enduit bactérien de surface  
Forme chimique du pigment

TEINTE  
rouge, brun, vert...

Sur viande fraîche

En cours de conservation

Figure n° 1: Les quatre composantes de la couleur de la viande

Au cours de la conservation, la composante structurelle et la composante quantitative évoluent peu et laissent place à deux autres composantes qui agissent essentiellement sur la teinte du produit (rouge, brun, vert):

- la composante qualitative, en lien avec la forme chimique prise par le pigment musculaire (la myoglobine) qui évolue au cours du temps;
- la composante bactériologique, liée au développement bactérien à la surface de la viande, et à de possibles interactions avec le pigment.

D'autres éléments sont susceptibles d'affecter la couleur de la viande. La teneur en gras intramusculaire, le persillé, peut par exemple modifier la perception de la couleur: un morceau très persillé peut apparaître plus clair (cf. Figure n° 2).



Figure n° 2: La teneur en gras de la viande peut modifier la perception de la couleur

L'humidité de surface peut également intervenir :

- le dessèchement de surface donne l'impression d'une viande plus sombre ;
- l'irisation, moins fréquente, se traduit par un reflet vert doré ou arc-en-ciel à la surface de la viande, et touche plutôt les muscles clairs (pauvres en pigment) (cf. Figure n° 3) ; c'est un phénomène purement optique qui n'affecte nullement la qualité du produit, mais qui peut nuire à sa présentation.

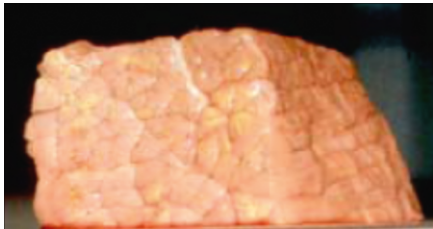


Figure n° 3 : L'irisation (présence de reflets) touche plutôt les viandes claires

## LA COMPOSANTE QUANTITATIVE DE LA COULEUR : L'INTENSITÉ DE LA PIGMENTATION

Le principal pigment responsable de la coloration de la viande est la myoglobine, pigment musculaire assurant le transport et le stockage de l'oxygène apporté par l'hémoglobine du sang. L'intensité de la coloration du muscle est directement liée à sa teneur en myoglobine, l'hémoglobine sanguine résiduelle intervient très peu.

Sur le marché français, la couleur recherchée est souvent le rouge vif, surtout pour les bovins femelles. La demande va cependant vers une viande plus claire pour la partie « Rhône-Alpes » de la région Auvergne-Rhône-Alpes et le nord de la France<sup>1</sup>, ainsi qu'à l'export (Grèce, Italie, etc.).

Les facteurs de variation de la pigmentation de la viande sont bien identifiés : ils dépendent avant tout de facteurs biologiques tels que les caractéristiques du muscle et de l'animal et, dans une moindre mesure, des conditions d'élevage. L'aval de la filière n'intervient pas puisque la quantité de pigment présente dans le muscle est définitivement fixée au moment de l'abattage.

### MUSCLE ET TYPES DE FIBRES

Chaque muscle présente une pigmentation liée à son rôle dans l'organisme et à sa composition en fibres. Trois types de fibres musculaires (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) sont classiquement distingués sur la base de leur couleur, de leur vitesse de contraction et de la source d'énergie qu'elles utilisent majoritairement (en lien avec leur équipement enzymatique).

Une carcasse comportant de nombreux muscles, leurs fonctions et leur pigmentation sont très variables. Ainsi, le rond de tranche et le rond de gîte sont des muscles clairs, alors que l'entrecôte, la bavette d'ailoyau et le tendre de tranche du côté semi-membraneux sont bien plus rouges.

À un âge donné, la variabilité de la teneur en myoglobine entre muscles semble supérieure à la variabilité existante entre dif-

férents animaux pour un même muscle. Même s'il est important de pouvoir estimer la couleur moyenne d'une carcasse, la grande hétérogénéité de couleur des muscles qui la composent peut poser problème lors de sa commercialisation.

### MATURITÉ PHYSIOLOGIQUE À L'ABATTAGE

La maturité physiologique de l'animal à l'abattage, qui dépend de l'âge à l'abattage et de la précocité\* (elle-même liée au sexe et au potentiel génétique de l'animal), est également déterminante de la quantité de pigment de la viande. La précocité est l'aptitude d'un animal à atteindre rapidement l'âge adulte (cf. Sous-fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du gras amont de la filière).

La teneur en myoglobine augmente en effet avec l'âge dans tous les muscles, d'où une couleur de plus en plus rouge saturé et sombre (accroissement de la teinte et de la saturation et diminution de la luminosité). Le mécanisme se déroule en deux étapes (cf. Figure n° 4) :

- une phase rapide, due à l'augmentation de l'activité du muscle ;
- une phase plus lente par la suite.

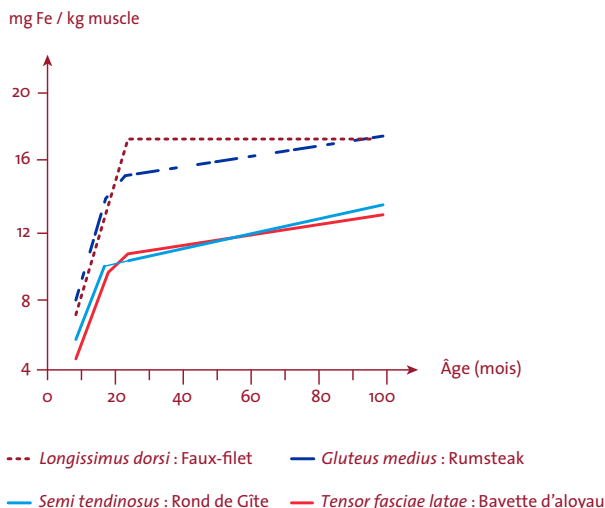


Figure n° 4 : Effet de l'âge sur la teneur en myoglobine de différents muscles de taurillons Limousins (le dosage du fer présent dans le muscle permet d'estimer de façon fiable la quantité de myoglobine)

L'influence de l'âge peut aussi s'observer au travers du type d'animal produit : un jeune bovin présente, en moyenne, une viande plus claire qu'un bœuf de même race, car il est abattu plus jeune.

Pour des animaux encore en croissance, l'âge à l'abattage dépend de la vitesse de croissance et de l'objectif de poids de carcasse. L'association entre un rythme de croissance élevé et un poids de carcasse modéré diminue l'âge à l'abattage, et favorise l'obtention d'une viande plus claire chez les taurillons, génisses et bœufs qui n'ont pas encore atteint le stade adulte. Au stade adulte, il n'est pas toujours possible de mettre en évidence une évolution significative de la couleur de la viande avec l'âge.

1. La demande correspond aux habitudes de consommation et aux types de production majoritaires de ces zones : animaux plus jeunes et plus tardifs des bassins allatants de la région Rhône-Alpes d'une part, et animaux plus tardifs et de type culard d'autre part.

Pour la précocité, la pigmentation définitive est atteinte d'autant plus rapidement que l'animal est précoce\*. C'est pourquoi les femelles, qui sont plus précoces que les mâles, fournissent, en moyenne, une viande plus rouge au même âge pour une race donnée. Par contre, la castration pour la production de bœufs n'aurait pas d'effet sur la teneur en pigments des différents muscles.

Il existe enfin des différences de précocité liées au potentiel génétique de l'animal, avec des effets race, parents et individu. Concernant les écarts entre races, les types laitiers sont en général plus précoces, avec des viandes qui se colorent plus vite, que les types allaitants.

Attention, les différences entre races s'estompent logiquement quand les animaux sont comparés à même degré de maturité, puisqu'à statut physiologique identique, l'intensité de coloration des muscles est équivalente.

Les différences de pigmentation des muscles entre races ne semblent cependant pas s'expliquer seulement par des écarts de précocité. Ainsi, au même âge, les animaux de race Limousine ne seraient pas plus riches en pigment que ceux de race Charolaise, pourtant considérés comme plus tardifs. Par ailleurs, des différences de précocité liées à l'origine parentale sont aussi rapportées ; un effet père, notable sur la couleur des taurillons, a par exemple été montré en race Limousine (cf. Figure n° 5) : en conditions de production maîtrisées, les différences de couleur observées chez les descendants sont expliquées à hauteur de 30 % par l'ascendance paternelle. Cette source de variation explique en partie les différences de couleur couramment constatées entre élevages.

La couleur de la viande n'est cependant ni intégrée ni contrôlée dans les schémas de sélection actuels des gros bovins.

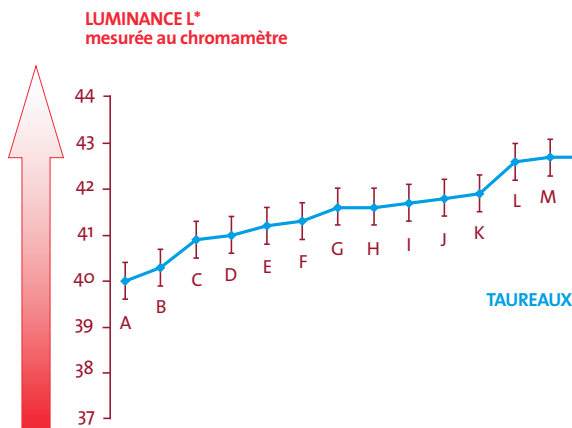


Figure n° 5 : Classement de quinze taureaux Limousins suivant la luminance de la noix d'entrecôte de leurs descendants

Enfin, les différences dues à la variabilité individuelle entre animaux sont loin d'être négligeables, bien que par définition non maîtrisables. Ainsi, d'importants écarts de couleur sont régulièrement constatés entre carcasses issues d'animaux de même sexe, même âge et élevés en conditions strictement comparables (cf. Figure n° 6).



Figure n° 6 : Noix d'entrecôte différemment pigmentées (rouge vif à gauche, rouge très clair à droite)

Il est à noter également que les animaux de type culard\* présentent généralement une viande moins pigmentée : ceci s'explique par la proportion plus élevée de fibres musculaires de type IIX dans les muscles de ces animaux.

Pour toutes ces raisons, un tri des carcasses à l'abattoir sur la couleur de la viande reste une étape incontournable pour approvisionner les différents marchés en lots d'animaux homogènes. Car, même si les principaux facteurs de variation de la couleur des viandes étaient rigoureusement maîtrisés, des animaux d'une même catégorie présenteraient des écarts individuels notables et difficilement compressibles, surtout pour les animaux encore en croissance.

### ALIMENTATION ET EXERCICE PHYSIQUE

L'alimentation semble n'avoir qu'un faible impact sur la pigmentation de la viande des gros bovins, et ne peut en aucun cas constituer un moyen de maîtrise de la couleur de la viande.

Les animaux finis au pâturage, par exemple, présenteraient une viande un peu plus sombre (cette différence n'étant pas forcément détectable à l'œil nu), sans que la nature de l'aliment soit impliquée. Les causes en seraient multiples et difficiles à dissocier. Les éléments d'explication seraient liés à :

- l'exercice physique : l'augmentation de l'activité musculaire induirait un besoin accru en oxygène, d'où une plus grande teneur en myoglobine des muscles ;
- le pH ultime des viandes de ces animaux plus sensibles au stress serait plus élevé (cf. paragraphe suivant), ce qui concourt, comme l'exercice physique, à la consommation des réserves en glycogène ;
- l'état d'engraissement des animaux finis au pâturage serait également plus faible en moyenne, d'où une viande perçue globalement comme plus sombre ;
- enfin, l'âge à l'abattage peut aussi intervenir, les animaux engraisés au pâturage pouvant être abattus un peu plus âgés pour atteindre un état d'engraissement satisfaisant.

Ces éléments sont à relativiser par rapport aux facteurs prépondérants que sont le type de muscle (en lien avec le type de fibres), la précocité, l'âge à l'abattage, le facteur individuel, etc.

## LA COMPOSANTE STRUCTURELLE DE LA COULEUR : LE pH DU MUSCLE

Le degré d'acidité de la viande joue un rôle important dans l'absorption de la lumière en influençant sa luminosité. Au fur et à mesure de l'acidification, la structure du muscle évolue, ce qui influence sa couleur et son PRE<sup>2</sup> (cf. Figure n° 7) (cf. Sous-fiche 2.1.1 le pH de la viande - mécanismes métaboliques).

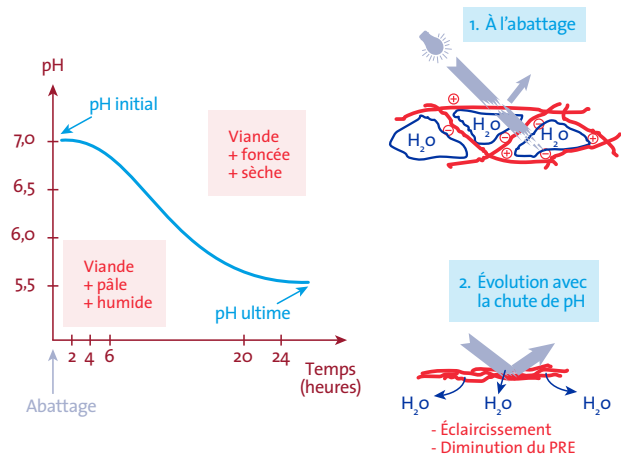


Figure n° 7 : Acidification du muscle, évolution de sa couleur et de son PRE

Juste après l'abattage, le pH du muscle est proche de la neutralité et supérieur au point isoélectrique<sup>3</sup> des protéines : les chaînes protéiques du muscle sont chargées électriquement et se repoussent, ce qui permet l'absorption et le piégeage de nombreuses molécules d'eau de constitution. Les myofibrilles (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) sont alors éloignés les uns des autres ; les fibres musculaires sont gorgées d'eau, leur diamètre est donc plus grand et les espaces conjonctifs inter-fibrillaires sont en conséquence très étroits, formant une structure histologique dite « fermée » :

- l'eau de constitution du muscle est fortement liée aux protéines musculaires et a peu tendance à s'écouler, que ce soit au cours d'une action mécanique (pression, hachage) ou physique (cuisson) ;
- la lumière pénètre en profondeur dans le muscle, d'où une part de lumière réfléchi par celui-ci assez faible.
- ▶ le muscle a un PRE élevé et une couleur sombre.

Lors de l'acidification *post mortem* du muscle, le pH s'abaisse vers le point isoélectrique des protéines, dont la charge s'annule : elles se resserrent alors par un effet d'attraction réciproque. Le diamètre des fibres musculaires est plus petit, le muscle a une structure histologique dite « ouverte » :

- l'eau de constitution migre vers les espaces conjonctifs inter-fibrillaires avec de possibles pertes de masse pendant la conservation ;
- à teneur en pigment identique, la lumière pénètre moins dans le muscle avec une part réfléchi importante.
- ▶ la couleur du muscle s'éclaircit et son PRE diminue.

2. Pouvoir de rétention d'eau.

3. Point isoélectrique : pH tel que la charge globale d'une molécule est nulle (molécule électriquement neutre).

La couleur de la viande est donc en partie conditionnée par la valeur du pH ultime atteint après l'abattage. Dans certains cas, l'acidification est insuffisante, le pH ultime reste trop élevé : la lumière étant plus absorbée, la viande est sombre, d'où des problèmes de commercialisation et de conservation. Tout doit donc être mis en œuvre pour minimiser les risques de carcasses à pH élevé.

Ces différents points sont détaillés dans la fiche 2.1 Le pH de la viande – focus sur l'anomalie « pH élevé ».

## LA COMPOSANTE QUALITATIVE DE LA COULEUR : SA STABILITÉ

### LES TROIS FORMES CHIMIQUES DE LA MYOGLOBINE

La myoglobine existe sous trois formes chimiques correspondant à des états différents d'oxydoréduction de son atome de fer d'une part, et d'oxygénation (fixation ou non d'oxygène) d'autre part. Ces états sont fonction de la fraîcheur du produit et de la pression partielle locale en oxygène (cf. Figure n° 8).

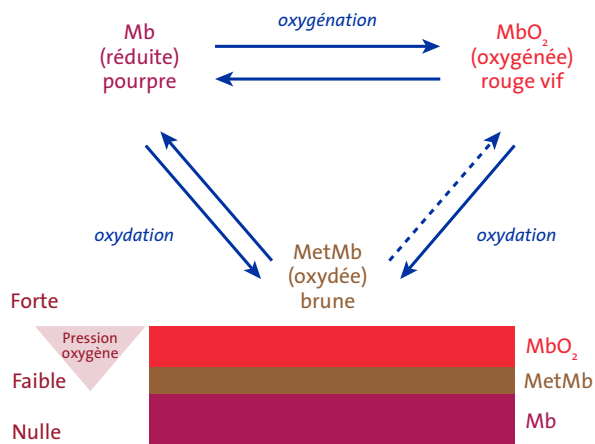


Figure n° 8 : Les trois formes chimiques de la myoglobine (oxymyoglobine MbO<sub>2</sub>, myoglobine Mb et metmyoglobine MetMb) et leur localisation dans la viande

La couleur de surface d'une viande de bœuf fraîche est rouge vif, ce qui correspond à celle du pigment oxygéné au contact de l'air : l'oxymyoglobine. Pendant les tous premiers jours d'un stockage à l'air, à basse température, le taux de pénétration de l'oxygène dans le muscle augmente : la viande rougit suite à l'oxygénation du pigment.

À cœur, la viande est rouge sombre, pourpre, d'une couleur caractéristique de l'absence d'oxygène. En effet, l'oxygène ne diffuse que sur quelques millimètres ou centimètres dans la viande : au-delà, il n'y a plus d'oxygène et la myoglobine se trouve à l'état réduit et désoxygéné.

Enfin, quelques millimètres sous la surface, là où la pression partielle en oxygène est faible mais non nulle, se trouve la

troisième forme du pigment: la myoglobine oxydée appelée metmyoglobine, dont la couleur brune est peu attractive. Pratiquement invisible sur la viande fraîche, cette mince couche brune de metmyoglobine (cf. Figure n° 9) tend à se développer au fil de la conservation, par oxydation progressive du pigment à l'air. Elle s'épaissit et vient remplacer la couleur rouge vif en surface du produit, de façon plus ou moins homogène; cela entraîne une perte d'éclat de la viande, un brunissement général ou l'apparition de taches de décoloration, d'auréoles en surface, et le développement d'un phénomène de bordage (cf. paragraphe suivant).



Figure n° 9 : L'apparition de la forme brune du pigment en surface de la viande est le signe d'une oxydation (le gras est aussi concerné)

### PASSAGE D'UNE FORME CHIMIQUE DE LA MYOGLOBINE À UNE AUTRE

L'oxydation du pigment en metmyoglobine (phénomène appelé autoxydation) est peu réversible: il est difficile de rétablir la couleur rouge vif d'une viande lorsque celle-ci est oxydée. Sur viandes fraîches ou sous vide, le pigment passe de sa forme oxygénée rouge vif à sa forme réduite rouge pourpre ou vice-versa, selon qu'il y a ou non présence d'oxygène. C'est la raison pour laquelle une viande qui vient d'être conditionnée sous vide perd progressivement sa belle couleur vive en surface, pour prendre une teinte plus sombre liée à l'absence d'oxygène. En l'absence de phénomènes oxydatifs perturbateurs dans le conditionnement (degré de vide insuffisant, fuite), la viande reprend sa couleur vive lorsqu'elle est remise au contact de l'air: la réaction est totalement réversible et prend quelques dizaines de minutes.

En revanche, si le sous-vide a été mal réalisé ou altéré en cours de conservation, de l'oxygène pénètre dans le conditionnement. La viande s'altère alors progressivement par oxydation, comme si elle n'était pas conditionnée (cf. Figure n° 10). Lors du déssouvidage, deux cas de figures peuvent se présenter:

- soit la couleur de la viande est déjà visiblement dégradée et ce, de manière quasiment irréversible;
- soit ce n'est pas encore le cas, mais le produit est fragilisé et s'altérera extrêmement rapidement par la suite.

Un des enjeux de la conservation des viandes bovines consiste donc à retarder le développement de la forme oxydée du pigment en surface du produit, pour maintenir le plus longtemps possible la couleur attractive rouge vif (cf. Sous-fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes).

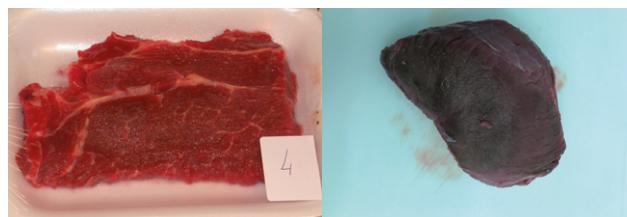


Figure n° 10 : Les trois couleurs liées aux différentes formes du pigment. À gauche, une viande fraîche rouge vif, car bien oxygénée; à droite, une viande sortant tout juste d'un mauvais sous-vide: le pigment s'est oxydé par endroit, les formes réduite (rouge sombre) et oxydée (altération brune, sur la partie haute du morceau) se côtoient

### FACTEURS DE VARIATION DE LA STABILITÉ DE LA COULEUR

La stabilité de la couleur dans le temps a une importance commerciale majeure pour les viandes rouges. Une viande dont la couleur est altérée ne peut souvent plus être commercialisée alors qu'elle serait encore tout à fait consommable au plan bactériologique.

La stabilité de la couleur rouge de la viande, inversement proportionnelle à la vitesse d'apparition de la metmyoglobine brune en surface du produit, dépend essentiellement de facteurs biologiques liés à l'animal ou au muscle, et de facteurs d'aval relatifs à l'hygiène, ainsi qu'à la durée et aux conditions de conservation du produit. Les facteurs d'élevage interviennent peu.

La variabilité individuelle peut cependant se révéler très importante (cf. Figure n° 11); il existe ainsi des différences majeures de stabilité de couleur de viande entre animaux que tout rapproche a priori: même case d'élevage, même alimentation, conditions identiques de préabattage, d'abattage, de transformation et de maturation/conservation.

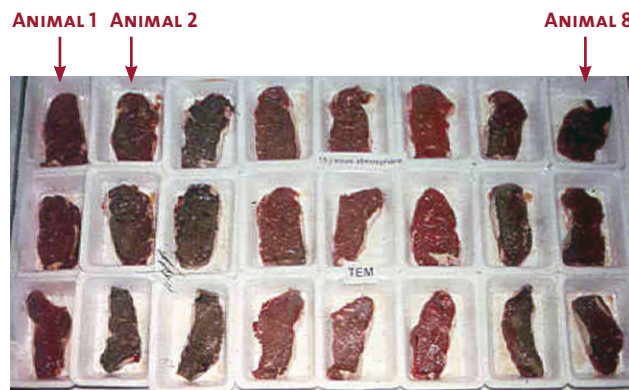


Figure n° 11 : Des potentiels de conservation très variables entre individus pourtant proches. Faux-filets de huit taurillons d'une même case d'élevage conservés quinze jours sous atmosphère modifiée (trois morceaux par animal)

Il est donc impossible de prévoir quels animaux présenteront une bonne stabilité de couleur et ceux, au contraire, qui verront leur viande se dégrader rapidement. Il est probable qu'il y ait une composante génétique à la stabilité de la couleur de la viande, mais il n'est pas facile de connaître le potentiel de stabilité de couleur de chaque individu car ce critère ne peut s'évaluer que sur une viande conservée depuis plusieurs jours.

Les différents muscles de la carcasse présentent également une grande variabilité de stabilité de leur couleur au cours de la conservation, qui serait du même ordre que celle due au facteur individuel. Globalement, plus la consommation du muscle en oxygène est élevée (en lien avec le type de fibres prépondérant), plus la couleur semble instable. En effet, l'oxygène pénètre peu dans le muscle, si bien que la proportion relative de la metmyoglobine en surface s'accroît. À l'inverse, les muscles stables pour la couleur ont un métabolisme oxydatif peu prononcé, voire anaérobie, et respirent peu. Par ailleurs, les muscles ayant un pH bas se décolorent souvent plus vite que les autres, car une baisse de pH entraînerait une augmentation de l'autoxydation et une diminution de la réduction enzymatique.

On distingue ainsi :

- des muscles stables sur le plan de la couleur, tels le faux-filet, la bavette de flanchet et l'aiguillette baronne (dans la cuisse);
- des muscles intermédiaires, dont une partie du tendre de tranche (le semi-membraneux);
- des muscles instables, les plus chers et les plus nobles, tels le rumsteck, le filet et la hampe, dont la couleur s'altère naturellement très vite au cours de la conservation.

L'instabilité de la couleur de certains muscles est d'ailleurs prise en compte dans la norme Afnor V46-001 (1996) pour la valorisation du potentiel de tendreté des viandes bovines. Celle-ci dispense effectivement de maturation le filet, la hampe et l'onglet, notamment à cause du risque de dégradation de leur aspect marchand et de leur tendreté naturelle.

L'âge semble être un facteur d'instabilité de la couleur de certains muscles, en particulier des muscles peu stables. Des muscles tout à fait comparables aux plans métabolique et contractile, et de même niveau de pigmentation peuvent évoluer de façon différente lors du vieillissement de l'animal, et finalement présenter une stabilité à la conservation variable.

L'alimentation des bovins joue a priori peu sur la stabilité de la couleur de la viande. Cependant la teneur de la viande en anti-oxydants naturels (du type vitamine E) pourrait intervenir : certains bovins présenteraient des viandes d'une coloration plus fragile du fait d'une carence en vitamine E. Ce serait potentiellement le cas :

- des animaux de faible degré de maturité, car la vitamine E est un antioxydant liposoluble qui se fixe sur les graisses de l'individu, d'où l'importance d'une finition correcte;
- des animaux alimentés à l'auge, comparativement à ceux au pâturage, car l'herbe est un aliment riche en antioxydants.

Les aliments conservés, du type ensilage de maïs, sont effectivement moins riches en vitamine E que l'herbe. Une supplémentation alimentaire en vitamine E durant tout ou partie de la finition augmente de façon notable la quantité de vitamine E fixée par les muscles. Ceci présente un intérêt nutritionnel pour l'homme et s'accompagnerait d'une amélioration de la durée de vie de la viande à l'étalage du distributeur, dans certains circuits de conservation. L'éventuelle mise en œuvre d'une supplémentation systématique des animaux en

finition doit cependant être bien raisonnée : les effets attendus sont modestes et très variables selon les catégories d'animaux et les conditions de conservation de la viande.

Les facteurs biologiques sont donc largement impliqués dans la stabilité de la couleur de la viande, mais sont plus subis que réellement maîtrisés, et le rôle de l'éleveur reste limité. En définitive, la maîtrise de ce critère réside essentiellement entre les mains des opérateurs d'aval. Les conditions de conservation en réfrigérateur ménager ont aussi un impact sur la stabilité de la couleur de la viande.

### MAÎTRISE DE LA STABILITÉ DE LA COULEUR

Préserver la couleur de la viande nécessite une bonne gestion de la chaîne du froid, grâce à la mise en œuvre de différents procédés de conservation et de protection du produit. Deux solutions s'offrent aux entreprises de découpe et de commercialisation de la viande pour la conservation (cf. Sous-fiche 1.1.3 Le conditionnement des viandes) :

- sous de fortes pressions en oxygène, à l'air ou sous atmosphère enrichie en oxygène, pour une conservation de courte durée présentant l'avantage d'une couleur de viande attractive;
- en l'absence d'oxygène (facteur d'altération majeur), le plus souvent sous vide, pour un stockage plus long.

Dans tous les cas, il convient de limiter le temps de passage de la viande « à nu » lors du travail des morceaux. Cette phase critique intervient après la maturation si celle-ci s'effectue en quartier, ou avant la maturation si elle se fait sous vide. Ces procédés permettent d'améliorer, en moyenne, la conservation des viandes proposées à la vente, sans pour autant faire disparaître totalement le problème des animaux ou des muscles particulièrement fragiles. Les pertes financières entraînées par la décoloration précoce des viandes peuvent donc difficilement être ramenées à zéro.

### LE BORDAGE, PERTE PRONONCÉE DE STABILITÉ DE LA COULEUR

Le bordage est une manifestation exacerbée d'un phénomène tout à fait normal. La metmyoglobine forme habituellement une couche brune très mince, invisible à l'œil, sur la coupe d'une viande fraîche. On ne la voit apparaître qu'en fin de durée de vie des morceaux lorsqu'elle est devenue suffisamment importante pour venir affleurer à la surface (cf. Figure n° 12). Dans le cas du bordage, cette couche brune est si épaisse (plusieurs millimètres) qu'elle devient visible lors du tranchage du muscle, sans être pour autant décelable en surface. Le bordage proviendrait d'une accentuation de la pénétration de l'oxygène dans le muscle, résultant de l'absence de protection du muscle en surface pendant un certain temps, et/ou d'un taux de diffusion de l'oxygène plus important au niveau musculaire, d'où des différences de comportement entre muscles (cf. Figure n° 13).

Ce phénomène toucherait plus d'une carcasse sur cinq en moyenne<sup>4</sup>, avec des variations selon les circuits de commercialisation. Ce chiffre doit être relativisé car il cache une grande diversité de situations. Les boucheries artisanales sont les points de vente les plus touchés avec près d'une carcasse

4. Enquête réalisée en 1997 par l'Institut de l'Élevage.



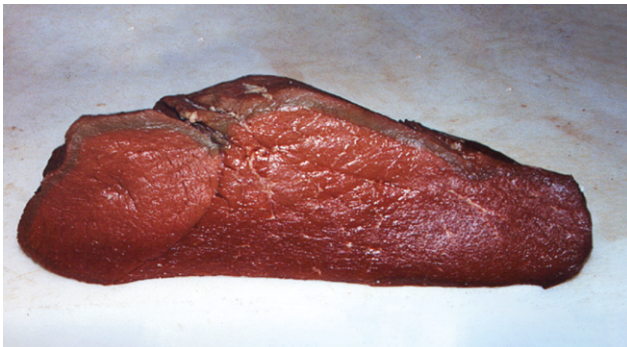


Figure n° 12: Muscle « bordé » dans sa partie supérieure

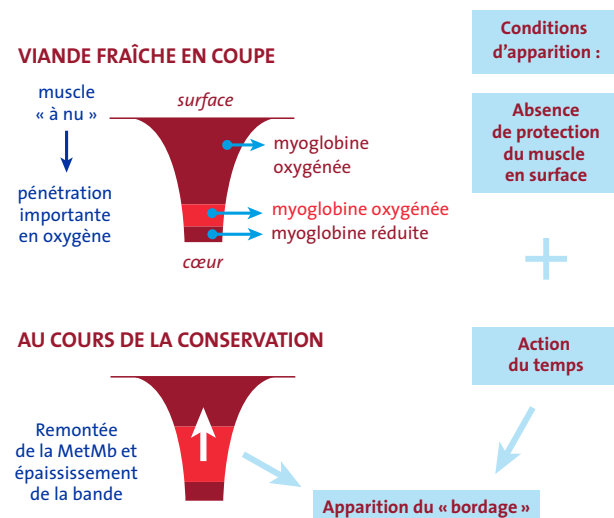


Figure n° 13: Mécanisme d'apparition du bordage de la viande

sur trois en cause. La rotation des stocks y est plus lente, et la viande peut rester quelques temps à l'air sans être protégée lors de la vente au détail (excepté cas de maturation longue durée). En GMS\*, la fréquence est moindre, avec environ une carcasse concernée sur six, et seulement une sur huit pour une vente exclusive en libre-service : en GMS, en effet, le tranchage et le conditionnement s'effectuent très vite après le travail de préparation de la viande, ce qui limite l'apparition du bordage, surtout pour la vente en libre-service.

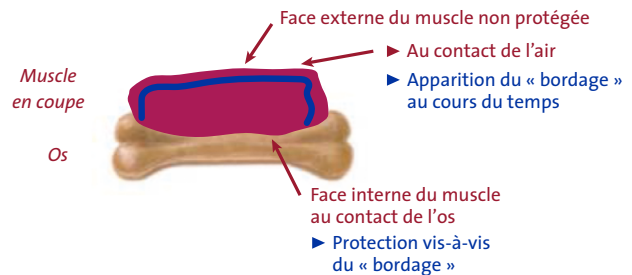
Enfin, seuls quelques muscles sont concernés dans une carcasse : les muscles les plus atteints sont essentiellement ceux du quartier arrière, notamment du tendre de tranche, de la semelle et le rumsteck, ainsi que le dessus de palette dans l'avant. Pour limiter ou éviter les problèmes liés au bordage de la viande, il convient :

- soit d'écouler le produit rapidement, afin que le problème n'ait pas le temps d'apparaître ;
- soit de ne pas trancher le muscle, pour ne pas rendre le bordage visible ;
- soit de maintenir une protection en surface de la viande pour éviter tout contact direct avec l'air, et ainsi empêcher la trop grande diffusion de l'oxygène au sein du produit.

En pratique, les différentes façons de conserver la viande ne sont pas équivalentes vis-à-vis du risque de bordage. La

conservation en carcasse ne permet qu'une protection partielle du muscle : seules les faces internes au contact de l'os ou d'autres muscles, et les faces externes bien recouvertes de tissu conjonctif et de gras, sont protégées. Sur les faces externes peu couvertes ou trop émoussées, le bordage finit par faire son apparition au bout de quelques jours (cf. Figure n° 14).

Cas de la protection lors de la conservation des muscles en carcasse



Cas de la protection du muscle par le conditionnement sous vide

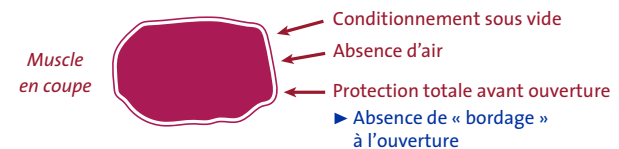


Figure n° 14: Protection contre le bordage lors de la conservation sur carcasse (au-dessus) ou sous-vide (au-dessous)

Le conditionnement sous vide constitue la protection la plus efficace : la viande se conserve plusieurs jours sans qu'il y ait la moindre trace de bordage lors de son utilisation après le déssouvidage.

En revanche, un muscle désossé, même non paré (et a fortiori un muscle « nu »), est plus facilement touché par le bordage au cours de la conservation : il n'y a jamais suffisamment de tissu conjonctif et de gras pour assurer une protection complète du muscle.

Les pratiques suivantes visent à protéger le muscle avant sa commercialisation en réduisant son exposition à l'air :

- une limitation de l'émoussage\*, par exemple dans les circuits de qualité (cf. Figure n° 15) ;
- un désossage des quartiers au dernier moment ;
- un parage des muscles également au dernier moment ;
- une rotation des stocks de viande et surtout des muscles aussi rapide que possible ;
- éventuellement une mise sous vide ;
- de bonnes conditions de conservation de la viande, notamment à basse température.

En effet, en matière de conservation de viande et notamment d'oxydation, la température doit être parfaitement maîtrisée, c'est-à-dire la plus proche possible de 0 °C car une température plus élevée accélère le développement du bordage. L'exposition du muscle à l'air étant un passage obligé du travail de la viande, la phase critique au cours de laquelle le muscle se retrouve « nu » un certain temps avant tranchage existera donc toujours. Le cas est particulièrement net chez les opéra-

## Cas de la protection du muscle par la présence de gras de couverture

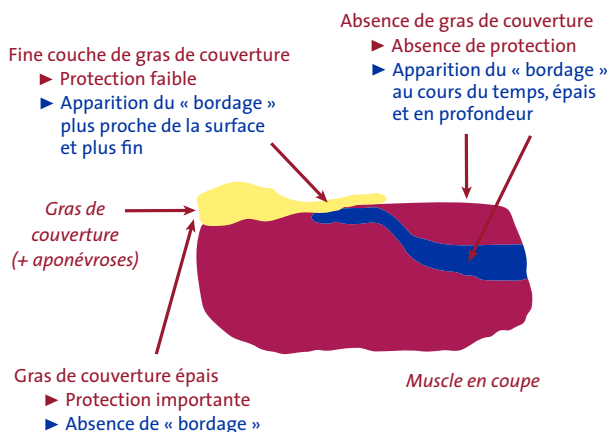


Figure n° 15: Protection du bordage par le gras de couverture

teurs pratiquant une distribution traditionnelle de faible débit, où il n'est pas rare que le morceau épluché passe plusieurs jours entre le frigo et la vitrine. Il n'est donc pas possible de supprimer la totalité des cas de bordage. Certains opérateurs tentent de rendre le problème moins visible par un tranchage particulier ou une disposition spécifique des tranches. D'autres préfèrent considérer le bordage comme un signe de maturation... Le bordage n'est en effet absolument pas une altération microbiologique du produit.

De l'avis des professionnels, l'âge, la race et l'alimentation des animaux favoriseraient également l'apparition du bordage : les animaux jeunes (taurillons) et ceux de certaines races seraient plus touchés, de même que les viandes claires. Le douchage des carcasses en abattoir est également incriminé par les distributeurs. Mais tous ces aspects semblent secondaires : ils prédisposent peut-être les carcasses au bordage, sans en être le déclencheur véritable (qui est l'exposition de la viande à l'oxygène de l'air, sans protection, durant un certain temps).

L'impact organoleptique du bordage des viandes n'a pas fait l'objet d'études, mais il semble que ce défaut de couleur n'ait qu'une influence limitée sur la saveur des pièces touchées.

## LA COMPOSANTE BACTÉRIOLOGIQUE DE LA COULEUR

L'hygiène est un enjeu majeur et bien contrôlé dans la filière viande. La qualité bactériologique de la viande présente un impact sur la stabilité de la couleur, le plus souvent par le biais de la transformation chimique du pigment. Dans ce cas, une viande présentant une forte charge bactérienne dès le début de la conservation verra sa couleur s'altérer plus rapidement.

### ENDUITS BACTÉRIENS DE SURFACE

Le cas le plus flagrant d'interaction entre la qualité bactériologique d'une viande et sa couleur est celui d'un produit massivement contaminé. Dans ces conditions, différentes espèces bactériennes telles que *Chromobacterium*, *Flavobacterium*, *Serratia*, *Bacillus*, *Micrococars*, *Sarcina* peuvent provoquer la formation d'un enduit bactérien pigmenté en surface du

morceau, dont la coloration blanchâtre ou verdâtre interfère avec la couleur du produit. Les viandes concernées ne sont évidemment plus commercialisables, notamment du fait de leur mauvaise qualité hygiénique.

### INTERACTION AVEC LA FORME CHIMIQUE DU PIGMENT

Il existe un autre lien entre qualité bactériologique et couleur de viande lors de la conservation du produit. Ainsi, les viandes sur lesquelles les bactéries sont déjà entrées en phase de prolifération (sans que le résultat ne soit encore visible, contrairement au cas précédent), risquent de subir des altérations de couleur plus rapides que la moyenne lors de la conservation. Une charge bactérienne initiale importante favorise les phénomènes biochimiques de dégradation de la couleur de la viande en accélérant l'apparition de la metmyoglobine brune en surface du produit. En effet, lors de leur phase de croissance exponentielle, les flores aérobies de type *Pseudomonas* par exemple augmentent leur consommation en oxygène : la pression en oxygène s'en trouve diminuée et peut atteindre le niveau critique correspondant au maximum d'autoxydation de la myoglobine, d'où le développement de la metmyoglobine. Ainsi, la croissance des bactéries n'est pas forcément associée à la décoloration brune de la viande. Le contre-exemple type est celui des lactobacilles qui se développent sous vide sans générer d'altération de couleur de la viande.

Par ailleurs, certains micro-organismes peuvent élaborer des pigments verdâtres à partir de la myoglobine. Les bactéries productrices d'hydrogène sulfuré ( $H_2S$ ) sont ainsi susceptibles de provoquer la formation de sulfomyoglobine, un pigment vert qui se forme dans les viandes à pH élevé sous de basses pressions en oxygène. L'utilisation de conditionnements sous atmosphère pauvre en oxygène est donc à éviter pour de telles viandes. De même, les bactéries productrices d'eau oxygénée ( $H_2O_2$ ) peuvent provoquer un verdissement via la formation de cholémyoglobine.

L'influence des bactéries sur l'évolution de la couleur de la viande fraîche réfrigérée est aussi fonction des conditions d'éclairage (cf. Figure n° 16). À l'obscurité ou sous lumière peu agressive, l'effet néfaste des germes est faible : leur développement peut être assez important, sans nécessairement entraîner une couleur de viande inacceptable. Des éclairages inadaptés (de type fluorescent par exemple) sont, au contraire, préjudiciables quelle que soit la charge bactérienne : ils réduisent rapidement la teneur en oxy-myoglobine de la viande, même pour des niveaux de contamination acceptables. Le phénomène s'accroît au fil du temps, parallèlement à la formation de la metmyoglobine.

L'emploi de rayons ultraviolets en chambre froide pour retarder la croissance microbienne a des effets néfastes sur la stabilité de la couleur. La préservation de la belle couleur rouge de la viande sur une durée de conservation correcte ne peut donc s'envisager que pour un produit initialement sain. Comme la température de conservation, la qualité hygiénique de départ est fondamentale pour une préservation satisfaisante de la couleur de la viande. Cette règle de base est d'ailleurs connue sous le nom de « trépied frigorifique de Monvoisin » : réfrigération d'un produit sain, réfrigération précoce, réfrigération continue. Les facteurs intervenant dans la stabilité de la couleur de la viande ne sont en effet pas indépendants les uns des autres.

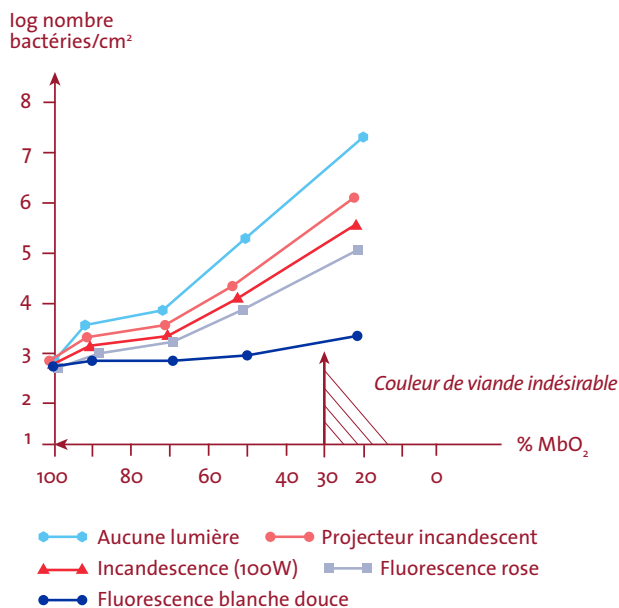


Figure n° 16 : Interaction entre la charge bactérienne et la teneur en pigment oxygéné en surface de la viande sous différentes conditions d'éclairage

## LA MESURE DE LA COULEUR DE LA VIANDE

### L'ANALYSE SENSORIELLE EN LABORATOIRE

L'évaluation sensorielle de la couleur de la viande consiste en un jugement visuel par plusieurs personnes plus ou moins qualifiées selon l'objectif poursuivi (cf. Fiche 4.3 Évaluation sensorielle appliquée à la viande).

Cette méthode de mesure directe, sensible, synthétique et non destructive, reste la référence : elle seule permet d'approcher les réactions des consommateurs. En effet, elle peut prendre en compte toutes les sensations liées à la couleur, notamment l'intensité de pigmentation, l'homogénéité de la teinte, le contraste entre muscle et gras. L'obtention d'une description fiable de la pigmentation de la viande ou de l'altération de sa couleur par voie sensorielle est par contre peu compatible avec les contraintes des outils d'abattage.

### L'ÉVALUATION SENSORIELLE EN ABATTOIR

La couleur de la viande est l'un des rares paramètres qualitatifs susceptibles de faire l'objet de mesures en routine, sur site industriel. La méthode de référence consiste en un jugement visuel par des experts de terrain en abattoir selon des grilles de classement couleur, plus ou moins standardisées et officialisées, pour orienter les carcasses vers tel ou tel circuit de commercialisation. Cependant, la perception de la couleur, en particulier lorsqu'elle n'est pas soutenue par des planches de photos, est très dépendante de l'observateur et des conditions d'éclairage. C'est pourquoi le remplacement de l'évaluation visuelle par des mesures instrumentales fait l'objet de plusieurs études.

### LES MESURES INSTRUMENTALES

Ces méthodes d'évaluation non sensorielles de la couleur peuvent être grossièrement scindées en deux ensembles : les méthodes physico-chimiques et les méthodes physiques. Les principes et la pertinence de ces méthodes diffèrent.

### Les méthodes physico-chimiques

Les méthodes physico-chimiques cherchent généralement à rendre compte de caractéristiques musculaires plus ou moins directement liées à la couleur, telle que la perçoit l'œil du professionnel ou du consommateur. L'objectif est donc de mesurer un ou des paramètre(s) lié(s) à la couleur, mais non la couleur elle-même. Il s'agit principalement de mesures et de dosages de composés, effectués directement sur l'animal vivant, dans le muscle (sur carcasse ou quartier) ou après prélèvement musculaire, par exemple :

- sur animal vivant : dosage de l'hémoglobine sanguine et de l'hématocrite (pourcentage du volume sanguin occupé par les globules rouges) par prélèvement sanguin, en lien avec la couleur finale du produit (dosages utilisés pour piloter l'alimentation des veaux par exemple) ;
- dosage du glycogène musculaire et des composés intermédiaires issus de la dégradation du glycogène en acide lactique, juste avant la mort (par biopsie) ou durant l'acidification du muscle *post-mortem*, pour estimer le potentiel glycolytique musculaire (c'est-à-dire le potentiel de production d'acide lactique et donc d'acidification), réservé à des travaux de recherche ;
- mesure du pH ultime et du pH en cours de chute dans le muscle après abattage (via un pH-mètre, cf. Fiche 4.1 Mesure du pH de la viande) ;
- dosage des différentes formes de la myoglobine (états oxygéné, oxydé, réduit) ;
- dosage des différents types de fibres musculaires ;
- dosage du gras intramusculaire (persillé), susceptible d'interférer avec la couleur du maigre lors d'une appréciation du dosage du fer héminique, permettant d'approcher la quantité de myoglobine musculaire, à partir d'un prélèvement important de muscle (200 grammes environ).

La plupart de ces mesures ne sont réalisables qu'en laboratoire. Quelques-unes font exception, telles que les mesures du pH et de l'hématocrite. Ces méthodes ont cependant l'inconvénient de ne pas approcher de manière directe la couleur de la viande. S'intéressant exclusivement à l'une ou l'autre des composantes de la couleur, elles sont par définition imparfaites, et n'apportent qu'une information partielle sur la couleur du produit.

### Les méthodes physiques

Les méthodes physiques ont pour objectif de rendre compte de propriétés physiques, en l'occurrence colorimétriques, de la viande. Elles s'intéressent tout particulièrement aux caractéristiques de réflexion et/ou d'absorption de la lumière par la viande. Les appareils employés mesurent donc des rayonnements lumineux, mais ne sont à ce jour pas utilisés en routine (hormis pour la couleur de la viande de veau).

Selon le principe de base de la colorimétrie, l'ensemble des couleurs peut être représenté sous la forme d'un espace colorimétrique à trois dimensions, où chaque couleur est définie par trois paramètres indépendants. Il existe différents espaces colorimétriques ; le plus utilisé dans le milieu de la viande est le système CIE Lab qui définit la couleur par la luminance ( $L^*$ ), l'indice de rouge ( $a^*$ ) et l'indice de jaune ( $b^*$ ).

L'avantage des colorimètres réside dans le fait que ce sont des matériels portatifs, relativement robustes, d'un prix abordable, et que la mesure n'est pas nécessairement destructive car

elle peut se faire directement sur carcasse. Les colorimètres employés en France ainsi que dans de nombreux pays étrangers sont de marque Minolta® et sont appelés chromamètres (avec succession de plusieurs générations de matériels) (cf. Figure n° 17).



Figure n° 17: Chromamètres CR-400 et CR-410 utilisés en viande de gros bovins

Le principal inconvénient des colorimètres est qu'ils fournissent trois valeurs, ce qui rend difficile l'interprétation globale des résultats, de même que leur rapprochement avec les systèmes d'appréciation sensoriels existants (classement officiel ou toute autre note d'appréciation visuelle). La filière viande dispose cependant d'un appareil de mesure précis et fiable, en conditions expérimentales.

Dans le cas des spectrophotomètres, la couleur est mesurée sous la forme d'une courbe de réflexion ou d'absorption dite « intégrée » sur tout le spectre visible. Les spectrophotomètres constituent la référence pour la mesure de la couleur d'un produit : les coordonnées couleur du produit peuvent être obtenues dans tous les espaces colorimétriques existants (teinte, saturation, luminosité, indice de rouge...). Il est aussi possible de calculer des indicateurs intéressants de l'acceptabilité ou de l'altération de la couleur d'une viande (degré d'oxydation de la myoglobine en surface, dosage du fer héminique, mesure de l'hématocrite, mesure de la stabilité de la couleur, etc.).

Aujourd'hui, les spectrophotomètres les plus performants sont des appareils de laboratoire très coûteux. Dans ce cas, les mesures sont destructives et lourdes à mettre en place. Des spectrophotomètres portables se sont développés au cours de la dernière décennie et peuvent donc être utilisés directement sur le terrain sans prélèvement préalable d'un échantillon. Le coût de ces appareils reste élevé. Par ailleurs, ils ne fournissent pas une lecture directe de la couleur ni même des coordonnées chromatiques simples. Pour ces raisons, à l'heure actuelle, ils ne sont pas utilisés dans la filière pour mesurer la couleur de la viande, les colorimètres restant une meilleure alternative. En revanche, s'ils devaient être utilisés pour mesurer d'autres paramètres (composition de la viande par exemple), ils pourraient être utilisés simultanément pour la mesure de la couleur de la viande.

Les spectrocolorimètres sont, comme leur nom l'indique, des colorimètres mais tentent néanmoins de se rapprocher, dans leur fonctionnement, des spectrophotomètres. Ils étudient en effet la façon dont le produit réfléchit la lumière, non pas

longueur d'onde par longueur d'onde comme le fait un spectrophotomètre, mais par petites plages de longueurs d'ondes successives. Le résultat obtenu se présente sous la forme d'une courbe de réflectance, ce que ne fait pas un colorimètre classique. Par contre, comme tout colorimètre, le spectrocolorimètre est aussi capable de donner les coordonnées de la couleur mesurée dans différents espaces colorimétriques.

Les informations restituées sont donc plus riches que celles apportées par un colorimètre, mais moins fines que celles d'un spectrophotomètre. Des essais réalisés sur viande n'ayant pas montré d'avantage spécifique de ce type de matériel sur les chromamètres classiquement employés lors d'expérimentations sur le produit viande, les spectrocolorimètres, très prometteurs dans leur conception, sont finalement peu employés sur les viandes (du moins en France).

Autre méthode en cours d'étude, l'analyse d'image permet la mesure conjointe de plusieurs critères (quantité de gras, persillé, surface, rendement, couleur, etc.) (cf. Figure n° 18). Le principe est totalement différent de celui des colorimètres, les systèmes de coordonnées chromatiques n'étant pas les mêmes. L'analyse d'image permet généralement de prédire la classe de couleur d'un référentiel. La mise en place de cette méthode passe nécessairement par une phase de calibration, qui représente un gros investissement, pour être exploitable dans un contexte donné. La précision et la qualité de la calibration sont déterminantes et font appel à des algorithmes et à l'intelligence artificielle. Ces techniques sont donc très dépendantes du référentiel choisi, des conditions de prises de vue (nécessitant une surface de coupe très nette et plane) et de la calibration réalisée.



Figure n° 18: Le VBG 2000 est utilisé aux États-Unis pour la mesure de la surface, de l'épaisseur, du rendement et du persillé de l'entrecôte

Enfin, il est rappelé qu'évaluer la couleur d'une viande nécessite certaines précautions, concernant notamment :

- le moment de réalisation des mesures ;
- le choix du site où effectuer les mesures ;
- la préparation de la surface à mesurer ;
- le réglage et l'étalonnage de l'outil de mesure.

# 3

## FLAVEUR DE LA VIANDE

La flaveur est d'une grande importance en viande bovine, où le consommateur recherche généralement une certaine intensité, c'est-à-dire une viande goûteuse. L'obtention d'une viande de flaveur satisfaisante passe d'abord par la recherche d'une quantité suffisante de gras, qui ne peut cependant pas être garantie par un état d'engraissement donné de l'animal. Des conditions correctes de conservation de la viande sont ensuite nécessaires au bon développement des précurseurs de la flaveur pendant la maturation\* et permettent d'éviter les altérations préjudiciables à la flaveur. Enfin, la cuisson permet son expression en libérant différents composés formés à partir des précurseurs présents essentiellement dans le gras de la viande.



La flaveur de la viande est un ensemble complexe de sensations issues de la stimulation conjointe du goût et de l'odorat, lors de la consommation. Ces perceptions gustatives et olfactives sont liées aux saveurs perçues par les papilles de la langue et aux arômes perçus par voie rétro-nasale, une fois le morceau en bouche (cf. Figure n° 1).

La viande crue n'a qu'une flaveur peu prononcée, liée à la présence de sels minéraux et d'éléments dissous. Elle contient cependant les précurseurs principalement liés aux lipides, acides aminés et sucres qui, après chauffage, donnent sa flaveur caractéristique au produit. Ces nombreuses molécules, solubles (responsables de la saveur) ou volatiles (responsables des arômes), sont formées au cours de la maturation\* par dégradation progressive des composants du muscle (cf. Fiche 1.3 - Le muscle et sa transformation en viande). C'est la cuisson qui permet à la flaveur de s'exprimer par la libération des constituants essentiellement présents dans le tissu graisseux d'une part, et par la formation d'une « croûte » due à la réaction de Maillard entre protéines et sucres d'autre part (cf. Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande).

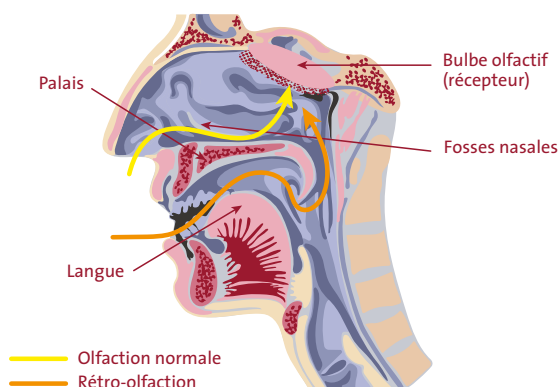


Figure n° 1: Mécanisme de la perception des arômes par voie rétro-nasale

### LE GRAS, PRINCIPALE COMPOSANTE DE LA FLAVEUR

La flaveur de la viande est étroitement liée au gras (lipides) présent dans le morceau consommé (cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande), au travers de sa quantité, mais aussi de sa fraîcheur (absence d'altération) et de sa qualité (composition).

La flaveur « de viande », identique pour toutes les espèces animales, est plutôt liée aux précurseurs présents dans la partie maigre, alors que les graisses sont le support des saveurs spécifiques des viandes propres à chaque espèce animale. Le gras comprend en effet des composés dont certains évoluent, lors de la conservation, en précurseurs de flaveur (acides gras et monoglycérides libérés suite à la lipolyse\* pendant la maturation). Ces composés se transforment à leur tour pendant la cuisson pour donner à la viande sa flaveur caractéristique.

### TYPE DE GRAS

Dans le cas des gros bovins, dont les muscles volumineux sont travaillés de façon très élaborée jusqu'à fournir des steaks ou des rôtis, le gras impliqué dans la flaveur est surtout le gras intramusculaire, appelé aussi persillé. En effet, le parage élimine généralement le gras sous-cutané et une partie du gras intermusculaire, qui n'est donc pas consommé. Cependant, le gras intermusculaire intervient dans la flaveur de certains morceaux composites, constitués d'un assemblage de plusieurs muscles : entrecôte ou côte par exemple pour les morceaux à cuisson rapide, et dans celle de nombreux morceaux à cuisson lente.

### QUANTITÉ DE GRAS

Au plan quantitatif, la flaveur serait d'autant plus intense que la quantité de gras intramusculaire l'est, du moins jusqu'à un certain seuil au-delà duquel elle évolue peu (seuil au-delà duquel les récepteurs sont saturés). Ce seuil, sans doute variable selon les muscles, serait de l'ordre de 4 % pour le faux-filet (cf. Figure n° 2) (Idele, 1995). Des résultats sur viandes hachées

montrent que les lipides seraient même préjudiciables à la flaveur au-delà d'un taux de 10 à 15 % (Idele, Interbev, 1988). Des études sont cependant nécessaires pour confirmer ces différentes valeurs.

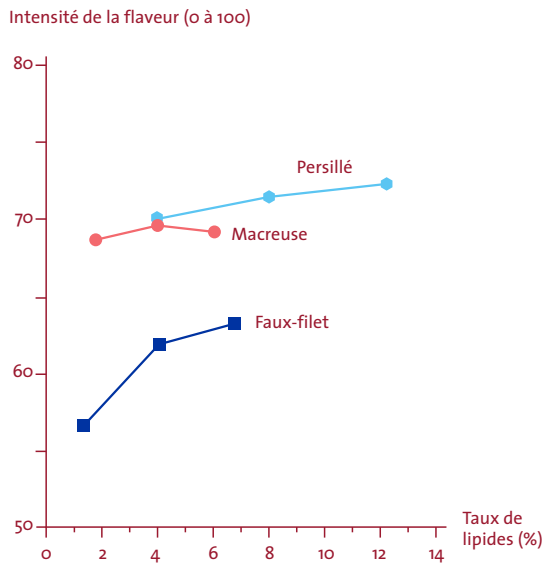


Figure n° 2 : Évolution de l'évaluation de la flaveur de la viande bovine en relation avec le taux de lipides (Idele, 1995)

En revanche, une viande grasse est souvent refusée à l'achat alors qu'elle est préférée à la dégustation grâce à sa flaveur plus développée, comme en témoignent de nombreuses enquêtes (cf. Figure n° 3).

**INTENTION D'ACHAT DES FAUX-FILETS PERSILLÉS**

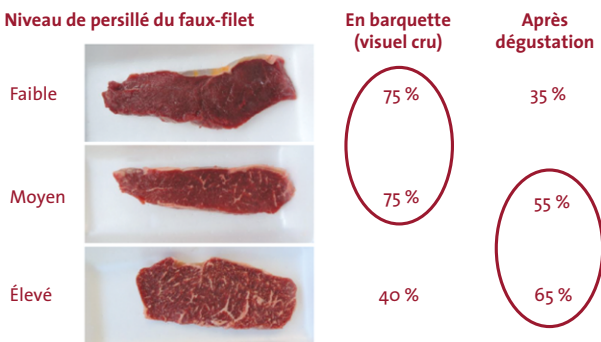


Figure n° 3 : Inversion de la perception du persillé en cru et après dégustation de faux-filets (enquête réalisée en 2017 auprès d'un jury de 300 consommateurs dans trois régions – Idele, Interbev, FAM, 2017)

Le slogan explicatif et incitatif testé en 2017<sup>1</sup> « Osez le persillé pour une viande tendre et savoureuse » a eu un impact positif, ce qui montre que l'information des consommateurs peut être un levier d'action. La quantité de gras à rechercher dans la viande passe donc par un optimum : il en faut suffisamment

pour développer la flaveur, tout comme la tendreté et la jutosité, mais pas trop car cela risque de pénaliser la commercialisation.

La recherche de cet optimum de quantité de gras est délicate, car le gras intramusculaire est peu accessible sur la carcasse et encore moins sur l'animal vivant (cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande). Ce sujet fait actuellement l'objet de plusieurs projets financés par l'interprofession. En l'état actuel des connaissances, le pilotage de la flaveur se fait par défaut au travers de l'état d'engraissement global de l'animal : c'est sur ce critère qu'il est possible, mais dans une certaine mesure seulement, d'améliorer la flaveur de la viande. Il faut pour cela agir sur des facteurs biologiques et/ou les conditions d'élevage des animaux afin d'atteindre un état d'engraissement favorable à l'expression de la flaveur. Un niveau de persillé suffisant ne peut cependant pas être garanti par un état d'engraissement donné, même considéré comme optimum (cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande).

**QUALITÉ DU GRAS**

Le gras intervient également sur la flaveur par sa composition spécifique en acides gras libres, qui a aussi une incidence sur la qualité diététique du produit. Il semblerait qu'en viande bovine, les proportions respectives d'acides gras mono- et polyinsaturés influencent la flaveur, les acides gras polyinsaturés donnant une flaveur plus marquée.

**FRAÎCHEUR DU GRAS**

Le rancissement correspond à l'apparition de composés indésirables par oxydation des graisses. Il dépend de la nature du gras déposé, car il touche surtout les lipides insaturés. Le gras doit donc être préservé des altérations (cf. paragraphe suivant Maturation et conservation).

**LES FACTEURS DE VARIATION DE LA FLAVEUR**

Les facteurs de variation de la teneur, de la composition et de l'évolution du gras des morceaux dans le temps constituent les principaux facteurs de variation de la flaveur de la viande. Ces facteurs de variation recourent assez largement ceux de l'état d'engraissement des animaux, dont dépend la teneur en gras de la viande.

**EFFET DU MUSCLE**

Les muscles de la carcasse présentent une grande variabilité d'aptitude à déposer des lipides, d'où des taux de gras intramusculaire, et donc une flaveur, très variables (cf. Figure n° 4). Les muscles rouges, riches en pigments, sont généralement plus riches en lipides que les blancs moins pigmentés, en lien avec le type prépondérant de fibres musculaires (cf. Fiche 3.2 La couleur de la viande). On distingue ainsi :

- des muscles toujours maigres (moins de 5 %), quel que soit l'état d'engraissement de la carcasse : tranche, rond de gîte, etc. ;
- des muscles moyennement gras, dont la teneur en lipides augmente avec l'état d'engraissement de l'animal mais reste généralement inférieure à 7 % : faux-filet, rumsteck, etc. ;

1. Normand J., 2017. Attentes des consommateurs en matière de qualité de viande bovine - Enquêtes sur la base d'analyses sensorielles. Etude Institut de l'Élevage, Interbev, FranceAgriMer.

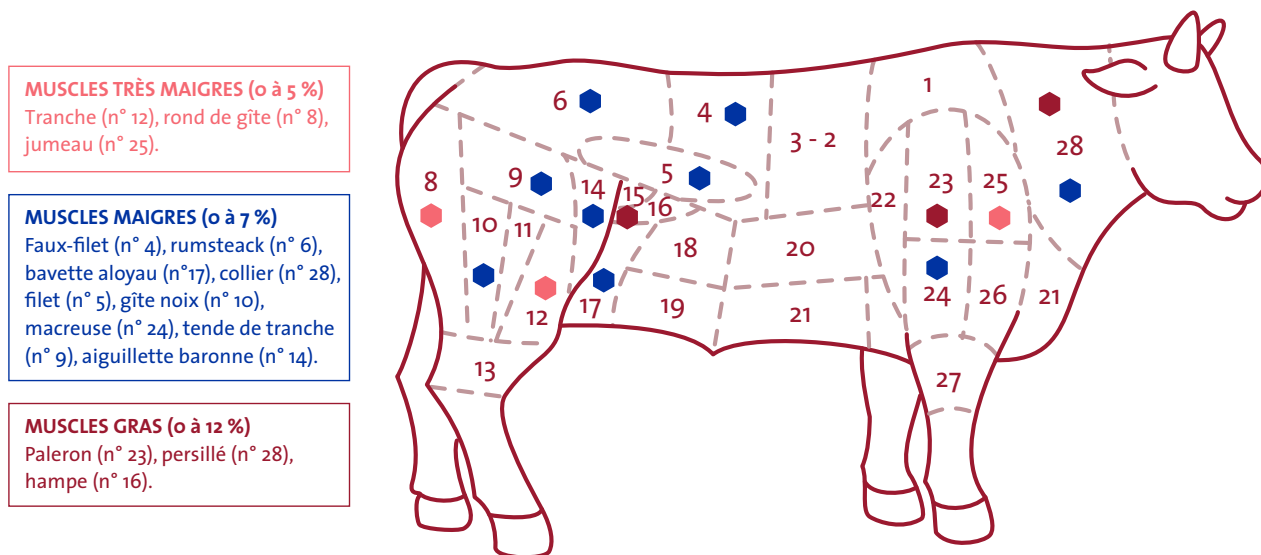


Figure n° 4 : La teneur en lipides intramusculaires est très variable selon les muscles (moyennes établies à partir des données bibliographiques disponibles)

- des muscles gras dont la teneur en lipides est fortement influencée par l'état d'engraissement de l'animal, allant jusqu'à 10-12 %, voire plus chez des animaux très gras : hampe, persillé, etc.

L'augmentation de l'engraissement global de l'animal ne permet donc pas d'assurer celle du gras intramusculaire de tous les muscles de la carcasse. La recherche d'un muscle de référence pour piloter le taux de gras intramusculaire des carcasses, et ainsi la saveur, est donc très délicate (cf. paragraphe suivant *Finition et état d'engraissement*), d'autant que la teneur en lipides n'est pas totalement homogène dans le muscle (tout comme la répartition selon le type de fibres musculaires).

Il est à noter également que la saveur peut être différente d'un muscle à l'autre, en lien avec le type métabolique du muscle (cf. Fiche 1.3 *Le muscle et sa transformation en viande*).

#### EFFET INDIVIDUEL

Il existe une certaine variabilité individuelle : l'aptitude à déposer plus ou moins vite du gras dans un muscle donné diffère d'un animal à l'autre, en lien avec son potentiel génétique.

#### EFFET DE L'ÂGE, DU SEXE, DU TYPE ET DE LA RACE

Plus l'animal vieillit, plus la part du gras dans son gain de poids est élevée. L'état d'engraissement de l'animal est ainsi d'autant plus important que son âge se rapproche de l'âge adulte<sup>2</sup>, atteint plus ou moins rapidement selon sa précocité\*. Toutes choses égales par ailleurs, les écarts entre animaux s'expliquent en effet par des différences de précocité correspondant à leur aptitude à atteindre rapidement l'âge adulte : un animal « s'engraisse » d'autant plus vite qu'il est précoce. Ainsi, les animaux les plus âgés présentent généralement les viandes les plus persillées, et donc les plus goûteuses. Il en est de même des animaux plus précoces, pour un

âge donné : comparativement aux mâles, les femelles, qui sont plus précoces, offrent une viande plus persillée ; les mâles castrés<sup>3</sup> étant en position intermédiaire. La catégorie combinant l'âge et le sexe des animaux (cf. Fiche 1.2 *Les caractéristiques des carcasses*), le taux de lipides augmente, en moyenne, des jeunes bovins aux bœufs, des bœufs aux génisses, et des génisses aux vaches.

La précocité dépend aussi de la race de l'animal, avec des animaux de type laitier ou mixte plus précoces (races Holstein, Normande, Montbéliarde, etc.), semi-précoces (Salers, Aubrac, etc.) ou plus tardifs pour les races à viande (Limousine, Charolaise, Blonde d'Aquitaine, etc.) (cf. Figure n° 5).

Mais tous les types de gras de l'animal ne se déposent pas à la même vitesse : il faudrait supporter une certaine dose de gras interne, intermusculaire et sous-cutané avant de voir enfin se

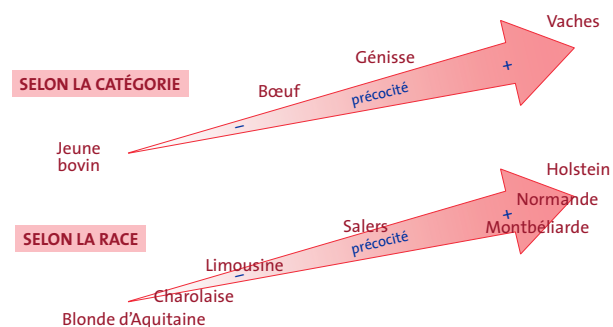


Figure n° 5 : Effet de la catégorie et de la race sur l'aptitude des animaux à déposer du gras (les animaux les plus âgés et les plus précoces conduisent en moyenne aux viandes les plus persillées et donc les plus goûteuses) – Idele, 1984

2. L'âge adulte se caractérise, entre autres, par l'atteinte d'un format, d'une morphologie et d'une composition tissulaire donnés, ainsi par que l'acquisition de diverses fonctions (digestives et reproductives en particulier).

3. La castration a une influence sur la précocité en accélérant le moment où l'âge adulte est atteint.

développer le gras intramusculaire, support de la flaveur de la viande (cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande). Les connaissances sur la cinétique des dépôts de gras restent cependant diffuses dans la bibliographie, avec une interprétation difficile du fait des nombreux facteurs de variation (âge, race, sexe et alimentation), et des réponses spécifiques des dépôts adipeux selon leur localisation anatomique.

### EFFET DE L'ALIMENTATION

L'alimentation intervient de différentes façons sur la flaveur. Par le niveau d'apport énergétique et la durée d'engraissement, elle conditionne l'état d'engraissement de l'animal, et donc, dans une certaine mesure, la quantité de lipides dans la viande. La nature de la ration influence le type de lipides et la quantité d'anti-oxydants naturels (tels que la vitamine E) déposés.

### Finition et état d'engraissement

La conduite d'élevage\* est prépondérante pour moduler l'état d'engraissement des animaux, surtout au cours de la période de finition, principale période de dépôt des tissus adipeux. En effet, les animaux sont d'autant plus gras que les apports en énergie pendant la finition sont élevés, et que cette période est longue. Une forte croissance en finition, permise par les rations riches en énergie, conduit à une augmentation de la teneur en lipides. Ainsi, une fois l'état de finition optimal atteint, la prolongation de l'engraissement de vaches de réforme permet d'accroître le poids de carcasse, mais ce surplus est essentiellement constitué de dépôt adipeux.

Cependant, l'augmentation de l'état d'engraissement de l'animal n'augmente pas systématiquement le taux de gras intramusculaire, et donc la flaveur potentielle des muscles. Il existe en effet des différences de teneur en gras entre muscles (cf. paragraphe précédent Effet du muscle), en lien avec une aptitude variée des muscles à s'engraisser lors de l'augmentation de l'état d'engraissement global de l'animal. Or, à état d'engraissement équivalent, la teneur en gras est généralement plus variable pour un muscle « s'engraissant » facilement comme le persillé, que pour un muscle plus maigre comme le faux-filet (cf. Figure n° 6). Ainsi :

- l'augmentation de l'engraissement global de l'animal ne permet pas d'assurer celle du persillé de tous les muscles ;
- la recherche d'un taux suffisant de persillé par augmentation de l'engraissement global (pour assurer un niveau de

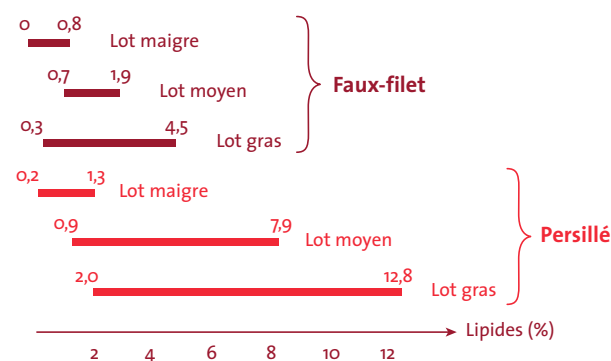


Figure n° 6 : Variation du taux de lipides de deux muscles selon l'état d'engraissement d'animaux de trois lots différents

flaveur donné) est un compromis, car elle a un coût économique pour l'éleveur et le transformateur (cf. Fiche 3.5 Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande) ;

- la seule certitude en la matière est qu'un animal maigre n'offre pas de muscles persillés.

Une conduite d'élevage donnée ne peut donc pas garantir un taux précis de lipides intramusculaires ni ne peut se substituer au tri des muscles. Même s'il est certain que des animaux maigres donnent des viandes moins goûteuses, l'état d'engraissement ne peut pas constituer un outil suffisant de pilotage de la flaveur en raison de cette variabilité importante.

### Régime alimentaire et nature des graisses déposées

Des facteurs alimentaires tels que la nature de l'aliment, le niveau énergétique de la ration et la conduite en finition jouent un rôle dans la composition des lipides déposés (cf. Sous fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière). Concernant la nature de l'énergie apportée par exemple, l'amidon ressort souvent comme plus favorable à la formation des dépôts adipeux que la cellulose, sans pouvoir cependant garantir un niveau de persillé donné (les quantités de gras interne pouvant être très variables pour un niveau équivalent de gras apparent à l'abattage).

Par ailleurs, la flaveur de la viande d'animaux au pâturage serait plus intense du fait d'une augmentation de la teneur en acides gras polyinsaturés dans la viande, ce qui peut réduire son acceptabilité par certains consommateurs. L'élimination des flaveurs pastorales liées à l'herbe, avec une alimentation à base de concentré, nécessiterait au moins 90 jours. L'impact de l'alimentation sur la flaveur doit cependant être relativisé : chez les ruminants, les acides gras insaturés sont en grande partie saturés dans le rumen avant d'être déposés dans les tissus graisseux.

### Régime alimentaire et vitamine E

La ration est susceptible d'apporter de plus ou moins grandes quantités de vitamine E : l'herbe en contient plus que les aliments conservés de type ensilage de maïs. Or la vitamine E est un antioxydant naturel qui se fixe sur les graisses et peut intervenir en contrant les phénomènes d'oxydation affectant la viande lors de sa conservation, conduisant à des altérations de couleur et au rancissement du produit. Une supplémentation des bovins susceptibles d'être carencés en vitamine E (animaux maigres à l'auge) en finition peut s'avérer intéressante pour protéger les graisses des oxydations dans certaines conditions de conservation ; cela représente cependant un surcoût pour l'éleveur, pour un avantage constaté plus en aval.

### Régime alimentaire et flaveurs anormales

La consommation d'aliments très odorants comme les légumineuses (luzerne, trèfle blanc), les crucifères, l'avoine, etc. pourrait être source de flaveurs anormales et non caractéristiques du produit (« off-flavours »).

### PH ULTIME DU MUSCLE

Même si l'impact du pH est encore mal connu, les réactions de formation de la flaveur sont pH-dépendantes, avec un impact du pH ultime sur les précurseurs de la flaveur. Ainsi, les viandes à pH élevé comportent des flaveurs moins bien acceptées par les consommateurs.



### PARAGE DE LA CARCASSE ET/OU DU MUSCLE

Dans la mesure du possible, il convient d'éviter de trop parer les carcasses et/ou les muscles d'animaux maigres pour préserver une certaine flaveur de la viande.

### MATURATION ET CONSERVATION

Une fois l'animal abattu, la flaveur évolue lors de la maturation : c'est en effet durant cette phase indispensable à l'attendrissement des muscles à cuisson rapide que sont élaborés les précurseurs de la flaveur. Une viande de bœuf insuffisamment maturée présentera donc un arôme faible.

Il est important de conserver la viande dans de bonnes conditions pendant la période de maturation et lors d'un stockage ultérieur, sous forme congelée par exemple. L'objectif est de favoriser le développement normal de la flaveur, tout en évitant l'apparition de composés indésirables : le gras doit notamment être préservé des altérations.

En conditions habituelles de conservation des viandes, les problèmes de flaveur sont rares chez les gros bovins. En revanche, une viande conservée à l'air subit obligatoirement des phénomènes d'oxydation : des pigments et des graisses qui s'entretiennent mutuellement. L'oxydation des graisses conduit au rancissement et dépend de la nature du gras déposé, touchant surtout les gras insaturés.

Ces phénomènes oxydatifs sont, comme beaucoup d'altérations, très dépendants de la durée et des conditions de conservation. Les préconisations à respecter sont globalement les mêmes que celles touchant à la préservation de la couleur de la viande, à sa qualité bactériologique, etc., c'est-à-dire à la qualité du produit dans son ensemble. La température et la pression partielle en oxygène au contact de la viande sont déterminantes, que la conservation se fasse sous forme conditionnée ou en l'état, et à moindre niveau en frais ou sous forme congelée. La température atteinte dans les congélateurs ménagers n'est cependant pas suffisamment basse pour bloquer totalement les lipases (dégradant les lipides) : les stockages courts en congelé ne posent pas de problème, mais des altérations de la flaveur et de l'odeur surviennent pour des durées plus longues (plusieurs mois).

### CUISSON

L'ensemble complexe des sensations de flaveur de la viande est déterminé par la composition chimique du morceau et par les changements provoqués par la cuisson. La cuisson permet en effet l'expression de la flaveur par libération des constituants présents dans le tissu grasseux d'une part, et par la formation d'une « croûte » due à la réaction de Maillard entre protéines et sucres d'autre part (cf. *Sous-fiche 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande*).

Les conditions de cuisson (en atmosphère sèche ou humide), la température et la durée du traitement thermique modifient la nature et la concentration de ces composés volatiles, agissant ainsi sur la flaveur de la viande. Les ingrédients ajoutés lors de la cuisson (matières grasses notamment) ont également leur importance, surtout pour les morceaux un peu maigres.

### LA MESURE DE LA FLAVEUR

Les méthodes d'appréciation de la flaveur de la viande sont toutes des méthodes de laboratoire. Aucune ne permet d'obtenir d'information en temps réel pour une entreprise.

La méthode de référence est l'évaluation sensorielle (cf. *Sous-fiche 5.1.3 Évaluation sensorielle appliquée à la viande*) (cf. *Figure n° 7*) : il s'agit de séances de dégustation par un groupe de personnes plus ou moins qualifiées selon l'objectif recherché. Cette méthode est lourde et contraignante, mais elle permet l'obtention d'une information synthétique sur les perceptions éprouvées lors de la consommation.



Figure n° 7 : L'analyse sensorielle constitue la référence en matière d'estimation de flaveur de la viande

La flaveur des viandes est probablement l'un des paramètres les plus complexes et les plus difficiles à caractériser. Il n'existe actuellement pas de vocabulaire standardisé et reconnu au plan national ou international pour la décrire, contrairement à ce qui a été fait pour d'autres produits, tels les vins et les fromages. Mais différentes équipes de chercheurs ont développé un savoir-faire en la matière (notamment les Australiens, les Américains et les Néo-Zélandais) et défini, pour leur besoins propres, différents descripteurs de flaveur.

Des mesures chimiques et physico-chimiques apportent également des informations sur la flaveur, mais de façon partielle. Elles fournissent des éléments sur les caractéristiques musculaires liées à la flaveur, par exemple la teneur et la composition en matières grasses de la viande et/ou du gras intermusculaire, la stabilité oxydative des gras, la proportion des différents types de fibres musculaire (rouges, blanches).

Enfin, des appareils permettent d'identifier les composés aromatiques de la viande : chromatographie en phase gazeuse, spectrométrie de masse... Ces analyses sont lourdes, destructives et coûteuses, et ne peuvent, à l'évidence, concerner que quelques échantillons de viande dans le cadre d'essais bien précis. Le développement de « nez électroniques » permettant la détection de certains composés en lien avec les sensations de juges experts ou des consommateurs est intéressant, mais également cantonné aux laboratoires.

# 4

## JUTOSITÉ DE LA VIANDE

La jutosité de la viande, perçue au moment de la mastication, est essentiellement liée à la quantité d'eau et de gras du morceau. Une teneur satisfaisante de gras intramusculaire (persillé) ainsi que la maîtrise des conditions de cuisson sont indispensables pour obtenir un niveau de jutosité satisfaisant pour le consommateur.



La jutosité est une caractéristique perçue lors de la mastication. On distingue habituellement deux types de jutosité :

- la jutosité initiale, ou première jutosité, représente la quantité de jus (ou suc musculaire) qui s'écoule rapidement dans la bouche pendant les premières mastications, procurant une sensation d'humidité ;
- la jutosité finale, ou seconde jutosité (dont la perception dure plus longtemps), est liée à la salivation engendrée, entre autres, par le gras intramusculaire du morceau, pendant la seconde phase de la mastication.

### LES TENEURS EN EAU ET EN GRAS DU MORCEAU CONDITIONNENT SA JUTOSITÉ

#### TENEUR EN EAU DU MORCEAU

La jutosité initiale dépend de la quantité d'eau (notamment l'eau liée aux protéines musculaires) qui demeure dans la viande après cuisson. Cette quantité d'eau est elle-même conditionnée par le PRE<sup>1</sup> du muscle, d'une part, et par la cuisson, d'autre part.

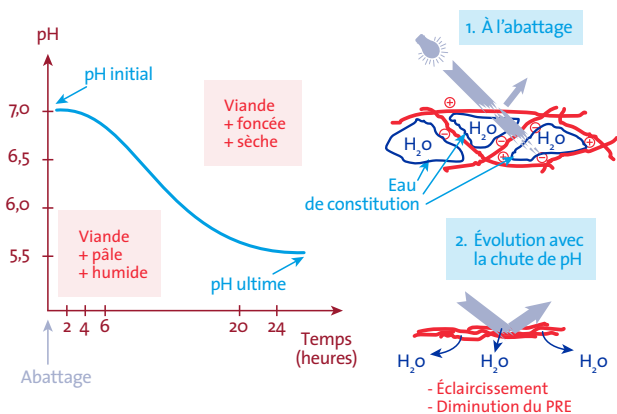


Figure n° 1: Acidification du muscle et évolution de sa couleur et de son PRE.

Lors de la transformation du muscle en viande, l'acidification s'accompagne de modifications de la structure du muscle, ce qui influence sa couleur et son PRE (cf. Fiche 2.1 Le pH de la viande).

Juste après l'abattage, le pH du muscle est proche de la neutralité et supérieur au point isoélectrique<sup>2</sup> des protéines: les chaînes protéiques du muscle sont chargées électriquement et se repoussent, ce qui permet l'absorption et le piégeage de nombreuses molécule d'eau appelée « eau de constitution » (cf. Figure n° 1). Les myofilaments (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande) sont alors éloignés les uns des autres. Les fibres musculaires sont gorgées d'eau, donc leur diamètre apparaît plus grand et les espaces conjonctifs inter-fibrillaires sont en conséquence très étroits. C'est une structure dite « fermée »: le muscle a donc un PRE élevé. L'eau de constitution du morceau est alors fortement liée aux protéines musculaires et a peu tendance à s'écouler, que ce soit au cours d'une action mécanique (pression, hachage) ou physique (cuisson).

Lors de l'acidification *post mortem* du muscle, le pH s'abaisse vers le point isoélectrique des protéines, dont la charge s'annule: elles se resserrent alors par un effet d'attraction réciproque. Le diamètre des fibres musculaires apparaît plus faible, le muscle a une structure dite « ouverte » et son PRE diminue. L'eau de constitution migre vers les espaces conjonctifs inter-fibrillaires avec de possibles pertes de masse pendant la conservation.

La cuisson a également une incidence sur la quantité d'eau du morceau: plus la cuisson est intense en termes de température et/ou de durée, et plus les pertes en eau sont fortes, ce qui a un impact négatif sur la jutosité initiale (cf. Figure n° 2).

La libération du jus lors de la cuisson se fait en deux étapes :

- la chaleur provoque d'abord la dé-liaison de l'eau fixée par les protéines des fibres musculaires. Ce phénomène est d'autant plus marqué que la température de cuisson est élevée ;
- l'eau libérée est ensuite expulsée par la rétractation du tissu conjonctif (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande).

1. Pouvoir de rétention d'eau.

2. Point isoélectrique: pH tel que la charge globale d'une molécule est nulle (la molécule est électriquement neutre).

Il y a d'autant plus de jus exsudé que la cuisson est longue, que le morceau est riche en collagène, et que le degré de réticulation du collagène est élevé (cf. Sous-fiche 3.1.9 *Tendreté et cuisson de la viande*).

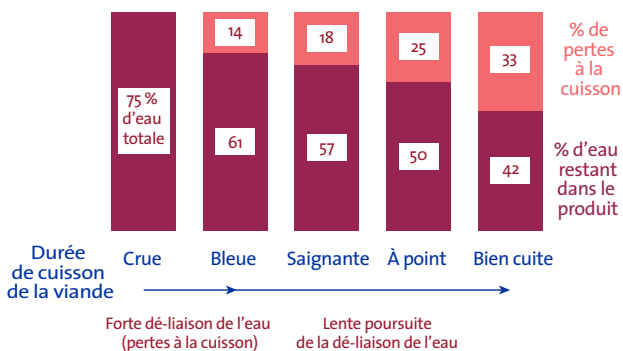


Figure n° 2 : Plus la cuisson est intense et/ou longue, plus les pertes en eau sont importantes (morceau à cuisson rapide, cas d'une cuisson rôtie - Idele, 1988)

Le couple temps-température de cuisson ainsi que la quantité et la qualité du collagène du morceau ont une incidence importante sur les pertes en eau, avec un impact notamment sur la jutosité initiale. L'impact est également indirect sur la tendreté : en effet, à dureté équivalente, une viande plus juteuse sera perçue comme plus tendre.

#### TENEUR EN GRAS INTRAMUSCULAIRE DU MORCEAU

Comme pour la saveur (cf. Fiche 3.3 *Saveur de la viande*), le gras intramusculaire (ou persillé) est, parmi les différents dépôts de gras (cf. Fiche 3.5 *Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande*), celui qui est majoritairement impliqué dans la jutosité finale : le persillé a en effet une action stimulante sur la sécrétion salivaire pendant la seconde phase de la mastication.

### LES FACTEURS DE VARIATION DE LA JUTOSITÉ

#### L'ÉTAT D'ENGRASSEMENT

La conduite alimentaire (niveau d'apports et nature de la ration) conditionne l'état d'engraissement, notamment les quantités de gras de couverture et de gras internes présents dans la carcasse. Comme la saveur, la jutosité finale de la viande, liée à son niveau de persillé, dépend, dans une certaine mesure, de l'état d'engraissement de l'animal (cf. Fiche 3.3 *La saveur de la viande*). Un degré de finition suffisant doit être recherché pour limiter le risque de production d'animaux trop maigres dont les viandes sont perçues comme trop sèches.

L'état d'engraissement est également lié au muscle, à l'individu, à l'âge, au sexe (et donc à la catégorie), au degré de maturité (en lien avec la précocité) et à la race de l'animal (cf. Fiche 3.5 *Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande*). Un niveau de persillé suffisant ne peut cependant pas être garanti par un état d'engraissement donné, même considéré comme optimum (cf. Fiche 3.5 *Qualité et impact du gras de la carcasse à la viande*). En effet, deux animaux de même état d'engraissement apparent peuvent avoir des niveaux de persillé de viande très différents.

#### LE PARAGE\*

Pour préserver la jutosité, il est préférable de ne pas trop parer les muscles et/ou les carcasses d'animaux maigres pour conserver suffisamment de gras intermusculaire, lequel participe également à la jutosité finale. Un optimum doit donc être recherché entre préservation de l'aspect commercial du morceau et de préservation de sa jutosité.

#### LA CUISSON

La cuisson est une opération délicate, surtout lorsqu'elle est pratiquée en milieu sec pour les morceaux à cuisson rapide : un allongement de la durée et/ou une augmentation de la température de cuisson conduisent inévitablement non seulement à un durcissement, mais aussi à une perte de masse et à un assèchement du morceau (cf. paragraphe précédent « *Teneur en eau du morceau* »). En effet, les pertes de jus sont plus faibles lorsque la température de la viande à cœur est comprise entre 40 et 50 °C qu'à des températures plus élevées. Il est donc conseillé de débiter la cuisson d'une viande en milieu sec à température élevée, ce qui est bénéfique à la formation d'une « croûte » à sa surface : ce phénomène de marquage\* (cf. Sous-fiche 3.1.9 *tendreté et cuisson de la viande*) correspond à la coagulation des protéines superficielles. Cette croûte limite ensuite les pertes en eau par exsudation pendant la poursuite de la cuisson à température modérée (cf. Figure n° 3).



Figure n° 3 : La coagulation des protéines superficielles permet de limiter l'exsudation du morceau.

Il est également conseillé de ne pas piquer la viande (par exemple pour la retourner avec une fourchette), ni de l'inciser (pour mettre des gousses d'ail par exemple), de façon à conserver les sucs à l'intérieur du morceau. Il est également préférable de couper le morceau dans le sens des fibres musculaires plutôt que dans le sens perpendiculaire, pour limiter les pertes en jus.

Des différences de jutosité existent également pour les morceaux cuits en atmosphère humide, selon le mode de cuisson. Ainsi la viande conserve plus de jus lorsqu'elle est plongée dans un bouillon déjà chaud que lorsqu'elle est placée dans l'eau froide au démarrage de la cuisson. En effet, l'eau chaude saisit la viande et lui confère une meilleure aptitude à garder ses sucs, sachant que le jus de cuisson sera, au final, moins savoureux que dans l'eau froide. La jutosité est cependant un critère moins important pour les viandes à cuisson lente comparativement aux viandes à cuisson rapide ; elle est en effet partiellement compensée par le moelleux décollant de la solubilisation du collagène (cf. Sous-fiche 3.1.9 *Tendreté et cuisson de la viande*).

## LA MESURE DE LA JUTOSITÉ

Les méthodes d'évaluation de la jutosité de la viande, critère complexe et multidimensionnel subjectif, sont toutes des méthodes de laboratoire. Elles comprennent des méthodes sensorielles et des méthodes instrumentales : mesures chimiques ou physiques.

L'évaluation sensorielle de la jutosité met en œuvre une ou plusieurs dégustation(s), comme pour les autres qualités perçues en bouche (cf. Figure n° 4). C'est une méthode lourde, contraignante et destructive pour le produit (cf. Sous-fiche 5.1.3 *Les analyses sensorielles appliquées à la viande*), mais qui reste la référence en matière de jutosité. Le plus souvent, les jurys experts évaluent les deux types de jutosité :

- la première jutosité s'évalue lors de la première mastication du morceau de viande, et correspond à la quantité de jus libéré par la viande;
- la seconde jutosité s'évalue après plusieurs mastications, c'est la quantité de salive qu'il est nécessaire d'apporter à la viande pour déglutir. Cette évaluation est plus complexe car de multiples sensations interviennent, en lien avec la quantité de gras du morceau (et non pas directement avec les sucs).

Les mesures chimiques permettent d'approcher des caractéristiques musculaires supposées liées à la jutosité, comme le



**Figure n° 4 : L'analyse sensorielle constitue la référence en matière d'estimation de la jutosité de la viande.**

dosage en eau et en matières grasses (gras intramusculaire) de la viande.

Enfin, les mesures physiques ont pour objectif de quantifier le PRE de la viande. Différentes techniques ont été développées et portent sur les pertes de masse ou l'évolution des mensurations du morceau lors d'une exsudation naturelle ou suite à une compression ou à une cuisson.

# 5

## QUALITÉ ET IMPACT DU GRAS DE LA CARCASSE À LA VIANDE

### 1. PRÉAMBULE

Le gras est un constituant de l'organisme qui se présente sous forme de tissu adipeux (cf. Sous-fiches 3.5.2 Les constituants du gras, et 3.5.3 Les différents types de gras). Il constitue un élément important de la qualité des viandes et concerne l'ensemble des acteurs de la filière.



L'ensemble des partenaires de la filière considère le gras comme un critère important de la qualité de la viande bovine. Néanmoins, son niveau optimal n'est pas perçu de la même façon selon les divers interlocuteurs de la filière, qui doivent répondre à des contraintes et objectifs différents.

L'éleveur souhaite produire des animaux suffisamment lourds pour pouvoir amortir ses frais d'élevage tout en évitant l'obtention de carcasses trop grasses moins bien valorisées : baisse de la valeur de la carcasse et augmentation des coûts de production. Il peut, par l'intermédiaire de la conduite d'élevage, conditionner en partie l'état d'engraissement des carcasses. Le transformateur, pour sa part, recherche une carcasse avec un rendement en viande maximum et donc avec un état optimum en gras.

Le consommateur adopte, quant à lui, un comportement paradoxal : bien qu'achetant prioritairement une viande maigre, à la consommation, il préfère une viande savoureuse et donc avec une quantité suffisante de gras (cf. Sous-fiche 3.5.6 Impacts sur les consommateurs).

Le pilotage du gras d'une carcasse ne peut donc être raisonné qu'en termes de compromis entre les contraintes des différents professionnels de la filière et l'attente des consommateurs. Différents facteurs intervenant aux différentes étapes de la production de viande permettent de piloter le niveau de gras (cf. Figure n° 1).

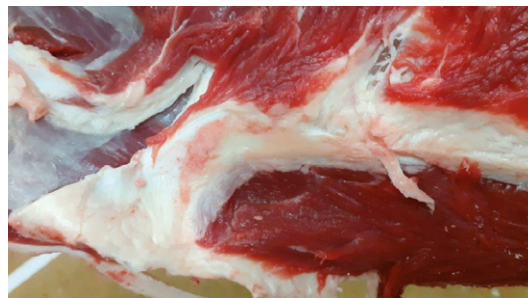
Enfin, la Sous-fiche 3.5.7 fait état des différentes méthodes de mesure du gras de la viande.

FACTEURS			IMPORTANCE RELATIVE INDICATIVE	DESCRIPTION : VOIR SOUS-FICHE
AMONT	ANIMAL	Individu	+++	3-5-4
		Âge physiologique (race, sexe, âge d'abattage)	+++	3-5-4
		Type d'animal (jeune bovin, vache... en rapport avec la conduite alimentaire)	+++	3-5-4
	ELEVAGE, CONVOYAGE ET ABATTAGE	Nature du régime alimentaire	?	3-5-4
		Niveau énergétique du régime alimentaire	+++	3-5-4
		Niveau azoté du régime alimentaire	o	3-5-4
		Conditions de transport, d'attente en bouverie et d'abattage	o	
AVAL	DÉCOUPE	Réfrigération, maturation et conservation	o	
		Type de découpe, préparation et parage du muscle	++	3-5-5
		Choix du muscle	++++	3-5-5

Figure n° 1 : Les différents facteurs impliqués dans l'expression de la tendreté des viandes et leur importance relative indicative (+ faible influence à ++++ influence très forte, o influence nulle)

## 2. LES CONSTITUANTS DU GRAS

Le gras sert de réserve énergétique à l'organisme. Il est stocké dans le tissu adipeux, qui confère différentes propriétés à la viande (cf. Sous-fiche 3.5.6 Impacts du gras sur le consommateur). Les acides gras contenus dans les cellules du tissu adipeux, les adipocytes, peuvent être d'origine alimentaire (exogène) ou synthétisés par l'organisme (endogène). Le tissu adipeux se met en place chez l'animal dès le stade embryonnaire, suivant des mécanismes d'hyperplasie puis d'hypertrophie.



### LE GRAS : TISSU DE STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

Le gras constitue le principal tissu de stockage de l'énergie. Présent dans l'ensemble de l'organisme (cf. Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière viande bovine), il est composé de cellules adipeuses, appelées adipocytes, cellules spécialisées dans la synthèse et l'accumulation de lipides de réserve. Elles sont capables de libérer les lipides dans l'organisme, en cas d'effort prolongé, de stress, de lactation, ou encore de jeûne.

#### Structure d'un adipocyte

Au fur et à mesure de leur développement, les adipocytes renferment des quantités croissantes de lipides contenus dans une vacuole lipidique qui, pour un adipocyte mature, occupe plus des trois quarts du volume cellulaire, repoussant à la périphérie les autres constituants (cf. Figure n° 1).

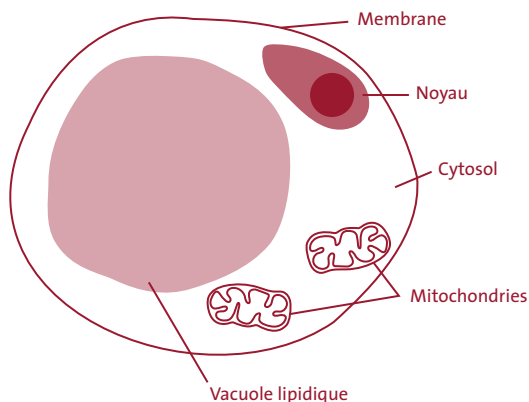


Figure n° 1 : Structure d'un adipocyte (Robelin and Casteilla, 1990)

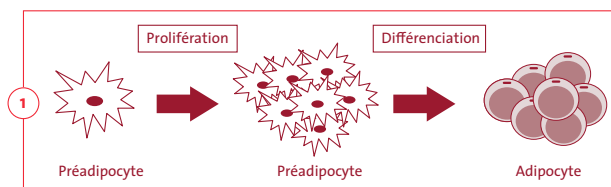
La taille moyenne et le nombre des adipocytes sont étroitement liés au niveau d'engraissement des animaux. C'est précisément un des moyens d'appréciation de l'état d'engraissement (cf. Sous-fiche 3.5.7 Mesures du gras).

#### MÉCANISMES DE DÉPÔT DU GRAS

Le dépôt de gras se réalise en deux étapes : l'hyperplasie et l'hypertrophie.

L'hyperplasie correspond à une phase de prolifération et de spécialisation des cellules précurseurs, dénommées préadi-

Hyperplasie : augmentation du nombre de cellules grasses



Hypertrophie : augmentation de la taille des cellules grasses

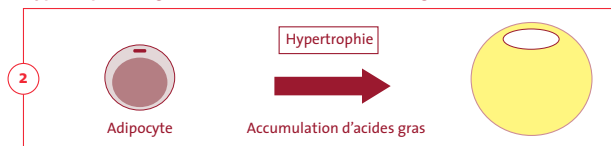


Figure n° 2 : Hyperplasie et hypertrophie (d'après Park et al., 2018 et Hocquette, 2012)

pocytes (Étape n° 1 sur la Figure n° 2). Concernant particulièrement des animaux de races précoces, il a été montré à l'étranger que cette étape de développement du tissu adipeux débute au stade embryonnaire et se poursuit jusqu'à environ 250 jours de vie de l'animal (cf. Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière viande bovine).

Une fois que ces cellules précurseurs sont spécialisées, c'est-à-dire qu'elles possèdent l'équipement enzymatique nécessaire à la lipogenèse\*, les préadipocytes deviennent des adipocytes matures. Ils sont alors capables de stocker les acides gras et donc d'augmenter leur volume. C'est l'hypertrophie (Étape n° 2 sur la Figure n° 2).

### NOMENCLATURES ET PROPRIÉTÉS DES LIPIDES DES VIANDES

On distingue deux grandes familles de lipides :

- les lipides de structure qui, indispensables à la vie cellulaire, sont présents dans toutes les cellules en tant que constituants des membranes cellulaires, principalement sous forme de phospholipides (12 % des lipides totaux du muscle, essentiellement constitué d'acides gras polyinsaturés) et de cholestérol (3 % des lipides totaux) ;
- les lipides de réserve qui forment les constituants de base du

tissu adipeux. Ce sont en majorité des triglycérides (85 % des lipides totaux du muscle), c'est-à-dire des assemblages de glycérol et d'acides gras; ou on les trouve sous forme d'acides gras libres dans la vacuole lipidique. La diversité des graisses réside dans la variabilité des différents acides gras associés.

Les acides gras diffèrent selon :

- la longueur de leur chaîne carbonée : les acides gras longs ont plus de 14 atomes de carbone, à l'inverse des acides gras courts qui ont entre 4 et 14 carbones ;
- leur degré de saturation : les acides gras insaturés possèdent au moins une double liaison entre deux atomes de carbone contrairement aux acides gras saturés qui n'en possèdent aucune (cf. Figure n° 3). Suivant les positions des insaturations des acides gras polyinsaturés (cf. ci-après Le saviez-vous ?), on distingue également les acides gras dits essentiels, c'est-à-dire non synthétisés par l'homme (tels que les omégas 3 et 6) ;
- la disposition de la chaîne carbonée : les acides gras ramifiés possèdent au moins un groupement méthyle (CH<sub>3</sub>) en comparaison aux acides gras linéaires.

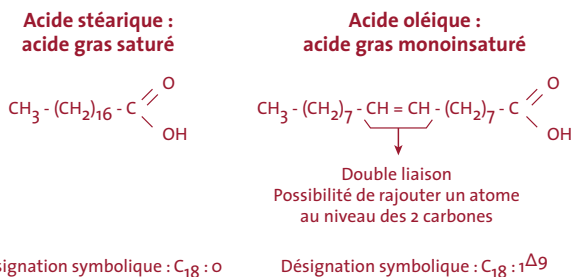


Figure n° 3 : Structure de deux acides gras fréquemment rencontrés dans le gras des animaux

NOM COURANT DES ACIDES	DÉSIGNATION SYMBOLIQUE	POINT DE FUSION (°C)
<b>Acides gras saturés</b>		
Acide palmitique	C <sub>16</sub> : 0	62,9
Acide stéarique	C <sub>18</sub> : 0	69,3
Acide arachidique	C <sub>20</sub> : 0	76,5
<b>Acides gras insaturés</b>		
Acide palmitoléique	C <sub>16</sub> : 1Δ <sup>9</sup>	-0,1
Acide oléique	C <sub>18</sub> : 1Δ <sup>9</sup>	13,4
Acide linoléique	C <sub>18</sub> : 2Δ <sup>9,12</sup>	-5
Acide linoléinique	C <sub>18</sub> : 3Δ <sup>9,12,15</sup>	-9
Acide arachidonique	C <sub>20</sub> : 4Δ <sup>5,8,9,11,14</sup>	-49

Figure n° 4 : Point de fusion de différents acides gras saturés et insaturés (la position des insaturations est indiquée par le symbole Δ et le chiffre suivant)

La composition en ces divers acides gras détermine les propriétés mêmes des graisses. Elle modifie :

- leur texture : plus la proportion en acides gras insaturés et ramifiés est grande, plus la graisse est « molle ». Ceci s'explique par le point de fusion relativement faible des acides gras insaturés et ramifiés (cf. Figure n° 4) ;
- leur aptitude à la conservation : une proportion importante d'acides gras insaturés limite la durée de conservation du fait d'une plus grande sensibilité à des phénomènes d'oxy-

dation conduisant à l'apparition de défaut de flaveur (goût rance en particulier) ;

- leur propriété nutritionnelle : en fonction de la composition en acides gras, des bénéfiques pour la santé humaine ainsi que des risques cardiovasculaires peuvent exister. La viande bovine est une viande maigre. Selon les morceaux considérés, la viande peut contenir de 2 à 15 % de

### LE SAVIEZ-VOUS ?

**Différents niveaux constituent la nomenclature des acides gras.**

#### Nomenclature systématique

Suivant la présence et la position des saturations des liaisons carbonées, on distingue :

- Les acides gras saturés, dont toutes les liaisons sont saturées, par exemple l'acide caprylique (CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-COOH)
- Les acides gras monoinsaturés, dont une seule liaison est insaturée, par exemple l'acide oléique (CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH)
- Les acides polyinsaturés, dont aux moins deux liaisons sont saturées, par exemple l'acide linoléique (CH<sub>3</sub>-(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH)

#### Nomenclature des acides gras insaturés Δ

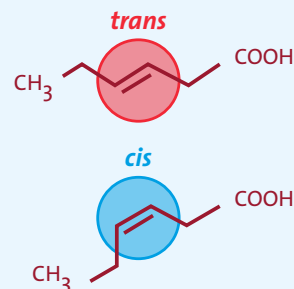
Les acides gras sont dénommés suivant le nombre d'atomes de carbone, le nombre d'insaturations, et suivant la position des insaturations par rapport au groupement COOH. Ainsi, l'acide linoléique s'écrit (C<sub>18</sub>:2 Δ<sup>9,12</sup>) car il possède 18 atomes de carbone et 2 insaturations à la 9<sup>e</sup> et la 12<sup>e</sup> position à compter du groupement COOH.

#### Nomenclature des omégas (ω)

À l'inverse, en comptant la position de la première insaturation à partir du premier groupement CH<sub>3</sub> d'un acide gras, on différencie les omégas 3, omégas 6 et les omégas 9. Par exemple, l'acide alpha-linolénique est un oméga 3, car la première insaturation a lieu sur le 3<sup>e</sup> atome de carbone (C<sub>18</sub>:3<sup>9,12,15</sup>; CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>-COOH).



Remarque : Suivant la structure des acides gras insaturés dans l'espace, on distingue également les acides gras *cis* et *trans* :



lipides totaux. Par exemple, pour un faux-filet, la moyenne se situe souvent autour de 7 % de lipides totaux<sup>1</sup>. La composition de ces lipides est la suivante :

- Environ 50 % des lipides totaux de la viande sont des acides gras insaturés. Ils sont réputés pour jouer un rôle favorable sur la santé humaine. Même si les quantités restent modérées, la viande bovine contient, parmi ces d'acides gras insaturés, des oméga 3. Ils sont reconnus pour leurs impacts très bénéfiques pour la santé humaine, avec des effets sur la croissance et le maintien des fonctions cognitives et sont insuffisamment présents dans l'alimentation des Français<sup>2</sup>. L'Anses recommande un rapport de l'acide alpha-linolénique (C18:2 oméga 3<sup>9,12</sup>) sur l'acide alpha-linolénique (C18:3 oméga 6<sup>9,12,15</sup>) inférieur à 5, au-delà duquel des risques cardiovasculaires peuvent exister. La viande bovine, qui présente un rapport compris entre 4 et 5, répond aux recommandations de l'Anses. Enfin, ce produit apporte des quantités non négligeables d'acides linoléiques conjugués, dont l'acide ruménique (C18:2 9cis 11trans), qui est potentiellement bénéfique pour la santé humaine en prévention et/ou traitement de maladies coronariennes ;
- Environ 50 % des lipides totaux sont des acides gras saturés, dont 20 % sont des acides stéariques (C18:0), qui sont jugés neutres, voire bénéfiques, pour la santé humaine avec un effet hypocholestérolémiant. Parmi les 30 % restants, certains d'entre eux (C12, C14 et C16) peuvent contribuer au développement de certaines maladies cardiovasculaires.

Cela étant, la viande bovine reste un produit maigre, les quantités de lipides apportées par la viande restent faibles par rapport aux recommandations de l'Anses, où les besoins en lipides totaux doivent représenter au moins 30 % des apports énergétiques.

## LA DOUBLE ORIGINE DES GRAISSES

Les acides gras constitutifs des tissus adipeux peuvent soit être fabriqués par l'animal lui-même à partir de précurseurs (origine endogène) soit provenir de l'alimentation (origine exogène).

Chez le ruminant, une partie des acides gras déposés est d'origine endogène. La synthèse des acides gras constituant

la plupart des tissus adipeux est réalisée à partir d'acétate, un acide gras volatil synthétisé dans le rumen par les micro-organismes. Le dépôt de gras intramusculaire fait figure d'exception, étant principalement réalisé à partir du glucose et, dans une moindre mesure, à partir d'acétate. Ce phénomène est encore mal connu et mériterait des études complémentaires pour être précisé.

Une autre partie des acides gras des viandes est d'origine alimentaire. Dans ce cas, les acides gras présents dans l'alimentation sont absorbés à travers la paroi intestinale. La forte proportion d'acides gras insaturés présents dans les rations alimentaires sont, pour la plupart, saturés au niveau du rumen. Ce sont donc en majorité les acides gras saturés qui sont absorbés, puis déposés au niveau des graisses. Il s'agit là d'une particularité des ruminants, qui, comparativement aux monogastriques, possèdent des graisses en moyenne légèrement plus saturées, avec notamment moins d'acides gras polyinsaturés. C'est aussi la raison pour laquelle, chez le ruminant, le bénéfice apporté par une source d'acides gras insaturés, assez modeste, reste non négligeable (cf. Sous-fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière).

### Pour aller plus loin :

- A. Nicolazo de Barmon, I. Legrand, J. Normand, C. Denoyelle, P. Madrange, I. Cos. « Quels facteurs d'élevage influent sur le dépôt de persillé dans la viande bovine ? ». 2022. *Viande & Produits Carnés*.
- D. Gruffat, B. Picard, D. Bauchart, D. Micol. La viande bovine : les principales qualités recherchées. *Inra Productions Animales*. 2015, 28 (2), 99-104
- J. Normand, D. Gruffat. L'engraissement des gros bovins avec des rations à base d'herbe améliore la qualité nutritionnelle des acides gras de leur viande. 2022. Cahier nutrition et diététique. En cours de publication.
- J. Robelin, L. Casteilla. Différenciation, croissance et développement du tissu adipeux. *Inra Productions Animales*, Paris : 1990, 3 (4)
- P. Bas, D. Sauvant. Variation de la composition des dépôts lipidiques chez les bovins. *Inra Productions Animales*. 2001, 14 (5), 311-322.
- Y. Geay, Dominique Bauchart, Jean-François Hocquette, Joseph Culioli. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *Inra Productions Animales*. 2002, 15 (1), pp.37-52.

1. Pour en savoir plus : [https://www.lessentiellesviandes-pro.org/etude\\_pro.php](https://www.lessentiellesviandes-pro.org/etude_pro.php)  
2. Actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras. Anses. 2011.



### 3. LES DIFFÉRENTS TYPES DE GRAS DANS LA FILIÈRE VIANDE BOVINE

Employé souvent au singulier, le gras désigne en réalité plusieurs types de dépôts adipeux sur la carcasse bovine. Les différents types de gras peuvent être identifiés suivant leur localisation anatomique et/ou leurs impacts sur le travail des viandes par les opérateurs.



#### DES DÉPÔTS DIFFÉRENTS SELON LEUR LOCALISATION ANATOMIQUE

Les dépôts adipeux sont communément désignés sous les termes : gras interne, externe, intermusculaire et intramusculaire.

##### LES GRAS INTERNES

Les gras internes correspondent aux gras qui entourent les abats et qui tapissent les cavités de la carcasse (cf. Figure n° 1). Parmi les gras qui entourent les abats, sont distingués :

- Les gras péritonéaux (autour du péritoine);
- Les gras péricardiques (autour du cœur);
- Les gras mésentériques (le long des intestins);
- Les gras périrénaux (autour des rognons);

Les gras tapissant les cavités sont composés :

- Du gras pelvien (également appelé « gras de bassin »);
- Du gras thoracique (ou également appelé grappé).

##### LES GRAS EXTERNES

Les gras externes comportent (cf. Figure n° 1) :

- Le gras de couverture (également dit « sous-cutané »);
- Le gras de couronne du tendre de tranche (également appelé « veine de gras »);
- Le gras de verge ou de mamelle;
- Le gras de poitrine;
- Le gras d'œillet.

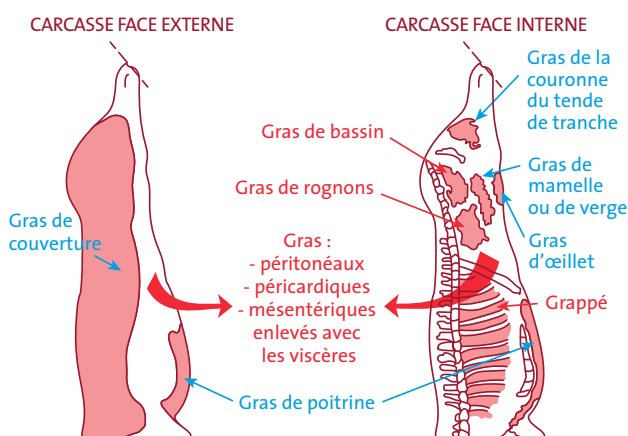


Figure n° 1 : Localisation des dépôts de gras internes (rouge) et externes (bleu) sur une carcasse de bovin

1. Ou « Marbling » en anglais

##### LE GRAS INTERMUSCULAIRE

Le gras intermusculaire, encore appelé « marbré », désigne le gras se situant entre les muscles (cf. Figure n° 2).

##### LE GRAS INTRAMUSCULAIRE

Le gras intramusculaire désigne le gras présent entre les fibres musculaires, au sein du muscle, ou également dit le persillé<sup>1</sup> (cf. figure n° 2).

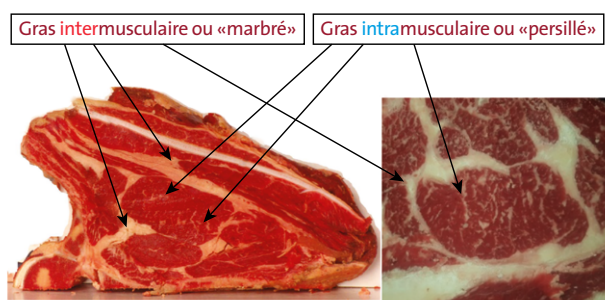


Figure n° 2 : Les gras inter- et intramusculaire d'un morceau de viande

#### CINÉTIQUE DE MISE EN PLACE DES DIFFÉRENTS TYPES DE GRAS DE LA CARCASSE

Par rapport aux tissus nerveux, osseux et musculaires, le tissu adipeux est le dernier tissu à se développer dans la vie de l'animal, mais les différents types de gras ne se développent pas en même temps. Les dépôts internes et intermusculaires se développent les premiers suivis, par le gras sous-cutané alors que le gras intramusculaire est plus tardif (cf. Figure n° 3).

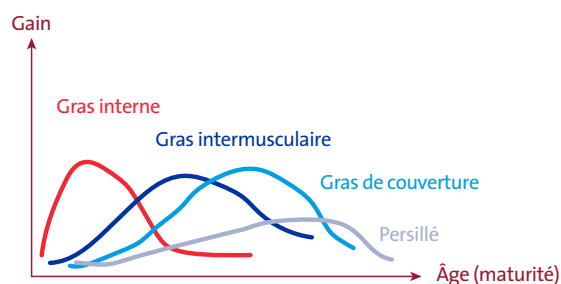


Figure n° 3 : Les cinétiques de dépôt des différents gras chez l'animal (Vernon et al., 1981)

Cependant, des études montrent que les carcasses les plus lourdes et les carcasses les plus conformées ne sont pas celles qui présentent les teneurs les plus élevées en persillé, toutes les catégories et sexes confondus (Bonny *et al.*, 2017 ; Liu *et al.*, 2020). Par exemple, des carcasses avec un état d'engraissement très faible (gras internes et externes) peuvent pourtant présenter des viandes persillées. La note d'état d'engraissement de la carcasse (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses, et cf. Sous-fiche 3.5.7 Mesures du gras) n'est pas corrélée avec la teneur en persillé des muscles.

Cette absence de corrélation positive entre la teneur en persillé des muscles et l'état d'engraissement est expliquée par des études plus récentes sur la mise en place chronologique des différents gras. En effet, la majorité des adipocytes sont formés lors de l'hyperplasie\* pendant la vie fœtale et le début de vie du bovin (cf. Sous-fiche 3.5.2 Les constituants du gras). Cependant, l'hyperplasie des adipocytes du gras intramusculaire dure plus longtemps que les autres tissus, jusqu'à 250 jours de vie du bovin (cf. Figure n° 4). C'est la « marbling window » (« fenêtre de persillé»). Ainsi, une gestion du niveau énergétique de l'alimentation du veau entre 150 et 250 jours pourrait être un levier du pilotage du dépôt de persillé (cf. Sous fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière). Des études sur cette thématique sont en cours.

**À noter :** Ces différents gras ne se déposent pas à la même vitesse chez tous les bovins : ils sont dépendants de la précocité\* de l'animal. Celle-ci varie d'un animal à l'autre en fonction de la race, du sexe et des individus (cf. Sous fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière).

### DES DÉPÔTS DE COMPOSITION VARIABLE

Des tissus internes vers les tissus externes, les graisses de couverture sont moins saturées, et donc plus molles. Ce phénomène s'explique par la température de fusion des acides gras insaturés plus basse que pour les saturés (cf. Sous-fiche 3.5.2 Les constituants du gras). À température ambiante, les graisses insaturées seront donc plus molles. Les dépôts inter- et intramusculaire occupent, quant à eux, une position intermédiaire.

### LES DIFFÉRENTS GRAS DISTINGUÉS PAR LES OPÉRATEURS DE LA FILIÈRE ET LEURS IMPACTS

Les différents gras peuvent également être distingués selon les étapes de la transformation de l'animal à la viande auxquelles ils sont concernés (cf. Figure n° 5).

On identifie :

**En élevage, les gras de maniage**, à partir desquels l'éleveur juge l'état d'engraissement de l'animal (cf. Sous-fiche 3.5.7 Mesures des gras). Ils comprennent les dépôts sous-cutanés les plus faciles à apprécier sur animal vivant, dont tout particulièrement ceux situés au niveau des côtes, à l'attache de la queue et au niveau du grasset.

**À l'abattoir, le gras d'abattage**, c'est-à-dire les gras externes, de rognons et de bassins éliminés sur la ligne d'abattage lors de l'émoussage (cf. Sous-fiche 3.5.5 Les leviers de pilotage du gras en aval de la filière).

Un excès de gras d'abattage et de maniage est en partie préjudiciable à l'ensemble de la filière. Cet excès augmente les coûts de production de l'éleveur, puisqu'un gramme de gras a un coût énergétique plus élevé qu'un gramme de muscle (cf. Sous-fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière) et provoque une pénalisation de la valorisation de la carcasse. Il induit également des coûts supplémentaires de parage pour les abatteurs et les transformateurs (cf. Sous-fiche 3.5.5 Les leviers de pilotage du gras en aval de la filière). Néanmoins, les fortes augmentations de consommation de viandes hachées conduisent les opérateurs à s'interroger sur l'opportunité de maintenir une partie du gras de maniage afin d'augmenter les sources de matières premières pour la fabrication de viandes hachées.

**Le gras de découpe** est celui enlevé lors de la découpe et du parage des muscles. Il concerne la plus grande partie des gras intermusculaires auxquels s'ajoutent les gras de couverture qui n'ont pas été enlevés lors de l'abattage. Paramètre important de la composition des carcasses, le gras de découpe conditionne directement leur valorisation commerciale (cf.

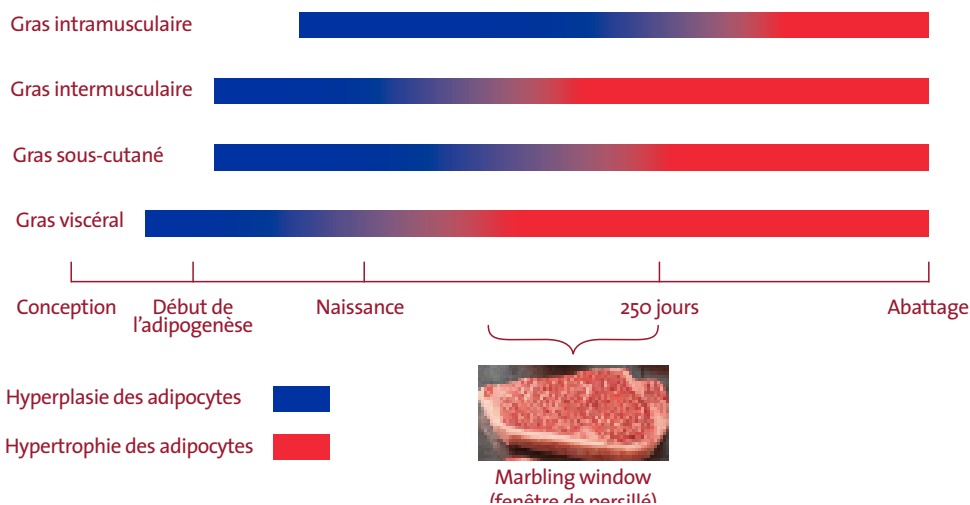


Figure n° 4 : Mise en place des différents dépôts de gras chez le bovin (Du *et al.*, 2014)

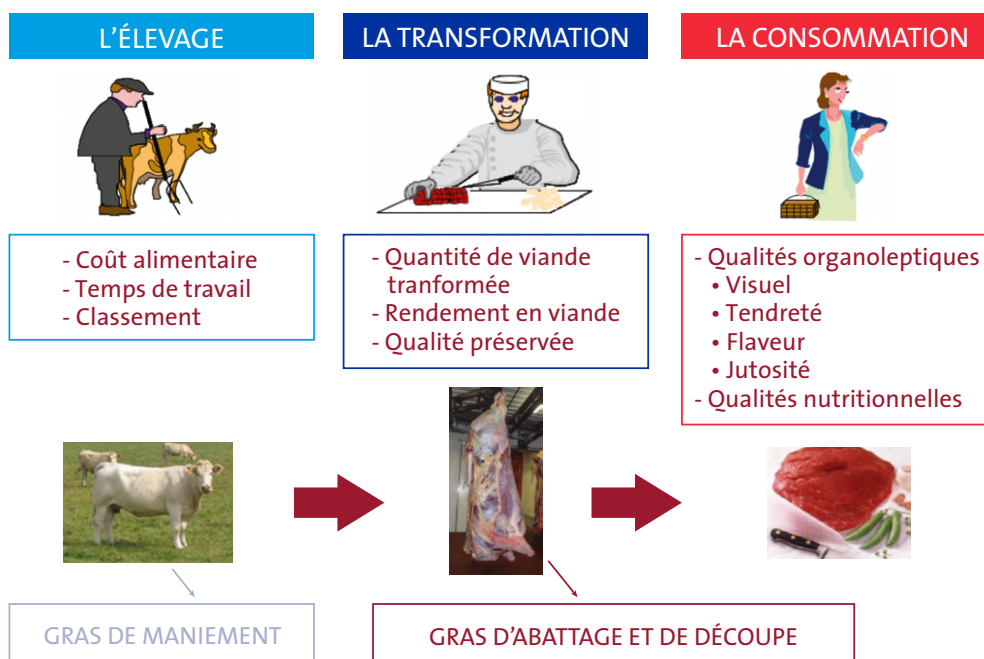


Figure n° 5: Le gras et la filière: les dénominations des gras et les attentes aux différents stades

Sous-fiche 3.5.5 Les leviers de pilotage du gras en aval de la filière). Comme pour le gras d'abattage et de découpe, le gras de découpe doit être en partie réduit. Toutes choses égales par ailleurs, plus la quantité de gras est importante, plus le rendement de découpe diminue. Il est important de préciser que l'état d'engraissement général des carcasses est un critère de choix dans l'orientation des carcasses vers les différents circuits commerciaux. Selon la destination des carcasses, le cahier des charges de découpe aura un impact très important sur le rendement de découpe (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses).

Enfin, le **gras intramusculaire (ou persillé)**, présent dans des quantités variables dans les muscles de la carcasse est également un critère d'orientation des muscles vers les circuits commerciaux. Recherché par certains, rejeté par d'autres, les entreprises affectent les produits en fonction de la demande des clients. Par ailleurs, certains morceaux de viande composés de plusieurs muscles, par exemple l'entrecôte, sont également concernés par le gras intermusculaire. Le persillé constitue un des paramètres essentiels de la flaveur appréciée par le consommateur (cf. Sous-fiche 3.5.6 Impacts du gras sur les consommateurs), il doit être en quantité suffisante mais sans

excès, pour ne pas rebuter à l'achat les consommateurs (cf. Sous-fiche 3.5.6 Impacts du gras sur les consommateurs).

Un accord interprofessionnel a été signé en 2022 pour permettre aux entreprises d'évaluer le persillé selon une grille unique.

**Pour aller plus loin :**

- M. Du, S.P. Ford, M.J. Zhu. Optimizing livestock production efficiency through maternal nutritional management and fetal developmental programming. 2017. *Animal Frontiers* (7):3.
- M. Du, B. Wang, X. Fu, Q. Yang, M.J. Zhu. Fetal programming in meat production. 2015. *Meat Science*.
- M. Du, Y. Huang, A. K. Das, Q. Yang, M. S. Duarte, M. V. Dodson, M.-J. Zhu. 2014. Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 91:1419-1427.
- P. Bas, D. Sauvart. Variation de la composition des dépôts lipidiques chez le bovin. 2001. *Inra Productions Animales*, 14 (5), 311-322.
- R.G. Vernon. Lipid metabolism in adipose tissue of ruminant animal. 1981. 279-362.

## 4. LES LEVIERS DE PILOTAGE DU GRAS EN AMONT DE LA FILIÈRE

La quantité de gras présent dans une carcasse dépend notamment du mode d'élevage des bovins. Si, à ce jour, l'éleveur ne dispose que d'un nombre restreint de leviers lui permettant de piloter le dépôt de tissu adipeux des bovins, de nombreuses études sont en cours en lien avec l'alimentation et l'animal.



© Marie-Catherine LECLERC/ Idele

En élevage, le dépôt de gras sur l'animal peut être modulé par quelques leviers. Les différents gras (Cf. Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière viande bovine) vont se déposer chez les bovins selon deux grandes familles de facteurs : les caractéristiques de l'animal et les conditions d'élevage.

### LES FACTEURS DE DÉPÔT DES GRAS LIÉS À L'ANIMAL : LA PRÉCOCITÉ

Le développement des différents tissus de l'animal se réalise suivant un ordre précis : nerveux, osseux, musculaire et adipeux. La vitesse de développement de ces tissus, et plus particulièrement du tissu adipeux, dépend de la précocité de l'individu, c'est-à-dire son aptitude à atteindre rapidement l'âge adulte. Un animal Holstein est par exemple qualifié de « précoce » et un animal Charolais de « tardif » car, à 15 mois, l'animal Holstein est plus proche de l'état adulte. Par ailleurs, les animaux précoces déposent du gras de façon plus importante et plus rapide que les animaux tardifs.

La précocité dépend notamment de la race et du sexe et peut être sélectionnée par l'éleveur.

#### LA RACE

Les différentes races peuvent être classées selon leur précocité (Cf. Figure n° 1).

RACES PRÉCOCES	RACES SEMI-PRÉCOCES	RACES TARDIVES
Angus Hereford Holstein Waygu	Aubrac Montbéliarde Normande Salers	Bleu Blanc Belge Blonde d'Aquitaine Charolaise Limousine Maine-Anjou Parthenaise



Figure n° 1 : Classement des principales races bovines suivant leur précocité

### LE SEXE, LA CATÉGORIE ET L'ÂGE

Les femelles, plus précoces, déposent plus facilement du gras que les mâles (cf. Figure n° 2). Sur ce même critère, les bœufs, étant des mâles castrés, ont un statut intermédiaire entre les mâles et les femelles.

Après avoir atteint la maturité sexuelle, la capacité à déposer du muscle diminue progressivement avec l'âge et le bovin dépose plus facilement du gras.

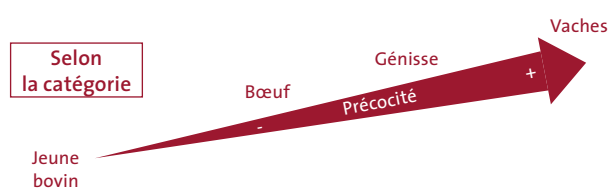


Figure n° 2 : Effet de la catégorie sur l'aptitude des animaux à déposer du gras

Cependant, au sein d'une même catégorie, la quantité de gras déposée est très variable d'une carcasse à l'autre. Le choix d'un animal d'une catégorie donnée ne garantit donc pas l'obtention d'une carcasse avec une teneur en gras faible ou élevée.

### SÉLECTION GÉNÉTIQUE

Actuellement, l'efficacité alimentaire\*, qui entraîne une diminution des dépôts de gras, est un des critères de sélection des bovins allaitants. En effet, une étude réalisée en 2014 par Renand et al., a montré que les animaux les plus efficaces sont également ceux qui déposent le moins de gras. Ce phénomène s'explique par la faible corrélation entre les aptitudes à déposer du gras et les aptitudes à la croissance et au développement musculaire (Jussiau, 2017).

Sélectionner les bovins également sur le critère de la précocité, à partir de caractères ayant des niveaux suffisants d'héritabilité, pourrait être un levier de pilotage des dépôts de gras dans l'animal, d'autant plus que les marqueurs génétiques à l'origine du gras intramusculaire et du gras de couverture sont probablement différents. Les travaux dans ce domaine devraient permettre d'augmenter préférentiellement le persillé des viandes grâce à une sélection des animaux possédant certains marqueurs d'intérêt.

Enfin, pour être en mesure d'appliquer une sélection des animaux sur les dépôts de gras, il est indispensable de disposer de méthodes éprouvées de phénotypage. Par exemple, une mesure en vif de la composition corporelle, et des différents gras en particulier, permettrait de sélectionner ce caractère indépendamment de la croissance et de l'efficacité alimentaire (cf. *Sous-fiche 3.5.7 Mesures du gras*). Des études complémentaires sont à mener pour confirmer ces éléments.

## LES FACTEURS DE DÉPÔT DES GRAS LIÉS À L'ÉLEVAGE : L'ALIMENTATION

L'alimentation des animaux a un impact majeur sur le développement des différents types de gras au cours de l'élevage et pendant l'engraissement.

### LE SAVIEZ-VOUS ?

L'alimentation des bovins se raisonne en apports protéiques et en apports énergétiques en fonction des besoins de l'animal.

- Les protéines de la ration (PDI : protéines digestibles dans l'intestin) sont exprimées en grammes.
- L'énergie de la ration est exprimée en UFV (unité fourrage viande) pour le système Systali (système Inrae) ou en MJ (méga-joule) pour le système NRC (système américain).

Ces unités sont toujours exprimées par kilogramme de matière sèche de la ration (kg MS) afin de pouvoir comparer facilement les rations entre elles.

### LA PHASE D'ÉLEVAGE : L'HYPOTHÈSE DE LA « FENÊTRE DE PERSILLÉ »

Des études ont montré qu'un apport énergétique soutenu entre 150 et 250 jours de vie de l'animal pouvait avoir un impact positif sur le dépôt du persillé sur des animaux précoces (Angus et Waygu), sans impact sur les autres types de dépôts. En effet, le phénomène d'hyperplasie\* se déroule jusqu'à 150 jours pour l'ensemble des dépôts adipeux, sauf pour le gras intramusculaire pour lequel l'hyperplasie continue jusqu'à 250 jours (Cf. *Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière bovine*), c'est la « *marbling window* » (Koch *et al.*, 2018, Schoonmaker *et al.*, 2002 ; Scheffler *et al.*, 2014, etc.). Des stratégies nutritionnelles peuvent alors être réfléchies pour favoriser l'hyperplasie des adipocytes intramusculaires sans impact sur les autres adipocytes. Ce levier permettrait donc d'améliorer le niveau de persillé sans pour autant provoquer une dévalorisation de la carcasse à cause d'un excès de gras.

Cette pratique n'a pas encore été testée sur des animaux de races françaises et dans un contexte d'élevage français. Ces résultats sont donc à relativiser et des études complémentaires devront être réalisées pour confirmer ces observations.

### LA PHASE D'ENGRASSEMENT

La phase d'engraissement consiste à amener les animaux à des conformations et à des états d'engraissement suffisants pour être envoyés à l'abattoir, souvent sur des périodes de deux à cinq mois. La mesure de l'état d'engraissement corporel (NEC\*) permet l'appréciation du dépôt de gras de couverture (cf.

*Sous-fiche 3.5.7 Mesures du gras*). C'est en partie grâce à cet indicateur que l'éleveur pilote la durée d'engraissement et décide de déclencher un départ d'animaux pour l'abattage.

Durant cette période, l'éleveur pilote le dépôt de gras sous-cutané des animaux, permis par le mécanisme prédominant d'hypertrophie\*, qui consiste en une augmentation de la taille des adipocytes.

### Apports protéiques

L'impact du niveau protéique de la ration d'engraissement sur l'adiposité des carcasses est relativement modéré. Certaines études montrent que l'augmentation des protéines de la ration engendre une diminution de la teneur en gras des carcasses et d'autres travaux démontrent qu'avec une diminution des protéines de la ration, le gras intramusculaire n'augmente pas. (Berge *et al.*, 1993 ; Lefebvre *et al.*, 2013 ; Danner *et al.*, 1980 ; Bindon, 2004 ; Homm *et al.*, 2008 et Felix et Loerch, 2011). Il est difficile de statuer sur l'effet de la teneur en protéines des rations d'engraissement sur les dépôts de gras intramusculaires (cf. *Figure n° 3*).

### Apports énergétiques

L'apport énergétique de la ration est un paramètre important qui permet à l'animal de déposer du gras. Dans la majorité des cas, l'augmentation de l'apport énergétique provoque un accroissement du dépôt adipeux lié à l'augmentation du GMQ (gain moyen quotidien). Cette relation est d'autant plus importante que l'animal est précoce.

L'augmentation du niveau énergétique de +0,5 à +1,56 MJ/kg MS pourrait permettre jusqu'à 5 à 10 % de gras intramusculaire en plus selon certaines études (Costa *et al.*, 2012 et Wang *et al.*, 2019). L'excédent d'énergie est alors stocké sous forme de triglycérides, provoquant l'hypertrophie des tissus adipeux de l'animal.

Par conséquent, l'éleveur doit veiller à raisonner les apports énergétiques de la ration en fonction des besoins de l'animal et du marché afin de proposer une carcasse présentant un état d'engraissement optimal (cf. *Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière viande bovine*).

### Nature de la ration en finition : le ratio fourrage/concentrés

Les différents types de dépôts de gras déposés sur la carcasse pourraient être pilotés par la nature de la ration distribuée au bovin. En effet, les adipocytes qui constituent le gras intramusculaire utilisent préférentiellement les molécules de glucose (produit essentiellement de la digestion ruminale des régimes riches en céréales) à la différence des autres dépôts adipeux nécessitant l'acétate (produit par la digestion ruminale des fourrages) (Cf. *Figure n° 3*).

Il est ainsi possible de supposer qu'à même niveau énergétique, les régimes riches en céréales orientent préférentiellement les dépôts vers la production de gras intramusculaire contrairement aux régimes riches en fourrages qui provoqueraient, à l'inverse, la production des autres types de gras. Néanmoins, des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer ce constat.

Par ailleurs, le maïs grain étant une céréale, son amidon est constitué de glucose qui est ingéré au niveau de l'intestin. Certaines études montrent que l'apport de maïs grain dans les

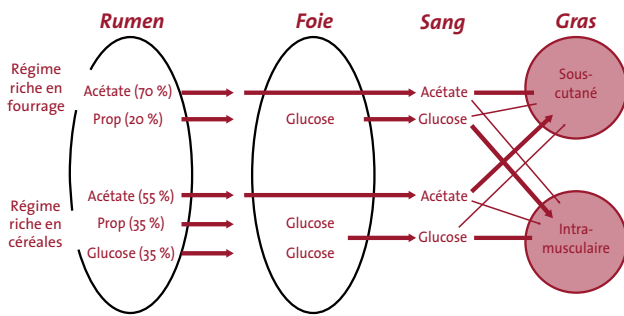


Figure n° 3 : Impacts de la ration sur la lipogenèse (Nicolazo de Barmon *et al.*, 2022 d'après Lake *et al.*, 2009)

rations permet d'augmenter les niveaux de persillé sans impact sur les dépôts des autres types de gras.

L'impact de la vitamine A dans les rations sur les niveaux de persillé des animaux a également été étudié. Certaines études montrent qu'une restriction en vitamine A pendant la finition des bovins permettrait d'accroître la note de persillé des carcasses. Cette vitamine empêcherait l'accumulation de lipides dans les adipocytes et ainsi inhiberait l'hypertrophie. Cependant, cette pratique doit être solidement encadrée puisque certaines études rapportent qu'une restriction trop prolongée et trop importante de vitamine A pourrait occasionner des problèmes de santé et, dans le cas de restriction à des jeunes animaux, des retards de croissance. Des essais mériteraient d'être conduits en France pour confirmer cet effet.

### Finition au pâturage

Les animaux finis au pâturage sont généralement moins bien finis et moins persillés que ceux finis en bâtiment. En effet, le pâturage se traduit par une activité physique accrue induisant des besoins alimentaires plus importants. Par ailleurs, la richesse en énergie de l'herbe est variable selon les saisons et son stade de consommation, ce qui peut également expliquer ce constat (*cf. paragraphe Nature de la ration en finition*). Concernant les dépôts de persillé, la teneur élevée en vitamine A, défavorable au dépôt de gras intramusculaire, peut également expliquer que les niveaux de persillé des animaux finis à l'herbe soient relativement modérés.

## LES FACTEURS LIÉS À L'ÉLEVAGE : LA CONDUITE D'ÉLEVAGE

À travers le mode de conduite, l'éleveur peut agir sur les dépôts de gras.

### DURÉE D'ENGRASSEMENT

Au cours de l'engraissement, les animaux déposent plus de gras que de muscle (*Cf. Figure n° 4*). Ainsi l'allongement de ces

périodes augmente la production de carcasse grasse mais elle permet également d'accroître les dépôts de gras intramusculaires.

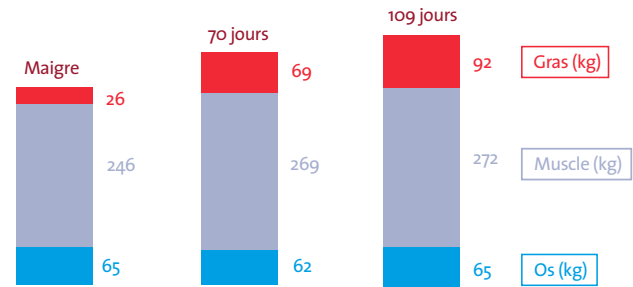


Figure n° 4 : Composition de la carcasse des vaches de race Charolaise abattues après des durées différentes d'engraissement (Dumont *et al.*, 1991)

Néanmoins, d'après l'étude de Couvreur *et al.*, (2013), couplé à un rationnement énergétique modéré, l'allongement de la durée d'engraissement permettrait d'obtenir des carcasses présentant davantage de gras intramusculaire par rapport aux autres dépôts adipeux. Par opposition, un raccourcissement des durées d'engraissement associé à des rations plus énergétiques favoriserait le dépôt intermusculaire.

### VACHES EN LACTATION

Enfin, les vaches en lactation déposent moins de gras. En effet, la production de lait induit un besoin énergétique plus important, ce qui fait diminuer l'énergie disponible pour les dépôts lipidiques.

Les leviers d'action mentionnés dans cette sous-fiche sont des résultats de travaux scientifiques menés dans des conditions expérimentales. Des études complémentaires nécessitent d'être réalisées afin de confirmer les tendances observées.

### Pour aller plus loin :

- Jussiau R. « Le gras des animaux, approche zootechnique ». 2017. *Viande & Produits Carnés*.
- Nicolazo de Barmon A, Legrand I, Normand J, Denoyelle C, Madrange P, Cos I. « Quels facteurs d'élevage influent sur le dépôt de persillé dans la viande bovine ? ». 2022. *Viande & Produits Carnés*.
- Renand G, Vinet A, Labbouz Y, Maupetit D, Dozias D. 2020. Précocité et efficacité alimentaire des génisses de renouvellement en races à viande. *Renc. Rech. Ruminants*, 25, p. 210-213.

## 5. LES LEVIERS DE PILOTAGE DU GRAS EN AVAL DE LA FILIÈRE

De la carcasse au morceau de viande, différentes opérations permettent d'ajuster la quantité des gras externes et intermusculaires afin de répondre au mieux à la valorisation commerciale souhaitée.



Les gras externes, intermusculaires et intramusculaires ont des impacts différents, tant sur la présentation du morceau pour le consommateur (cf. Sous-fiche 3.5.6 Impact du gras sur les consommateurs), que sur des aspects techniques (rendement, cahier des charges...) pour les entreprises travaillant les viandes. Plusieurs leviers sont à la disposition des professionnels afin de maîtriser au mieux les quantités des dépôts adipeux. Ils sont listés dans cette fiche, de la carcasse jusqu'au morceau de viande, en expliquant les conséquences sur la qualité des viandes.

### PILOTAGE DU GRAS EXTERNE

Les gras externes de la carcasse incluent les gras de couverture, ceux liés aux abats et ceux tapissant les cavités internes (cf. Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière). Une grande partie de ces gras externes est aujourd'hui enlevée en France sur la chaîne d'abattage au cours de l'émoussage.

#### PRATIQUE DE L'ÉMOUSSAGE

La pratique de l'émoussage est réglementée par l'arrêté du 26 décembre 2000 modifié (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses), définissant les zones anatomiques pour lesquelles l'émoussage est autorisé (cf. Figure n° 1). La France est l'un des rares pays à le pratiquer. L'émoussage est réalisé avant la pesée fiscale et permet d'homogénéiser la présentation des carcasses.

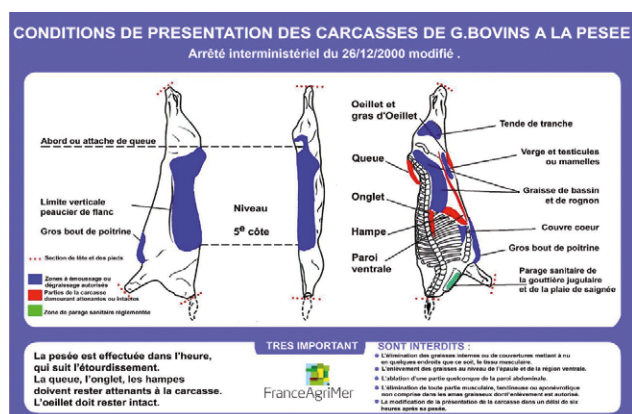


Figure n° 1 : Conditions de présentation des carcasses de gros bovins à la pesée (Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016)

La pratique de l'émoussage est largement répandue en France, mais elle n'est pas sans conséquences sur la qualité des viandes et sur les rendements d'abattage obtenus.

#### IMPACTS DE L'ÉMOUSSAGE SUR LA QUALITÉ DES CARCASSES ET DES VIANDES

##### • Perte de masse pendant le ressuage ?

Contrairement à une idée assez largement répandue, la pratique de l'émoussage n'induit pas de pertes de poids supplémentaires pendant le ressuage (Langlois, 1990).

##### • Refroidissement des carcasses ?

De la même façon, la pratique de l'émoussage ne présente pas d'impact significatif sur la cinétique de refroidissement des carcasses (Langlois, 1990).

##### • Qualité microbiologique des carcasses ?

L'émoussage pourrait avoir un effet bénéfique sur la qualité microbiologique des carcasses les plus contaminées (Langlois, 1990). Après émoussage, la contamination est en effet significativement moindre. Cela étant, des études plus récentes relativisent ces résultats. En revanche, cette pratique n'a pas d'impact sur les carcasses les moins contaminées.

##### • Protection contre les altérations ?

Le gras constitue une protection contre l'altération visuelle de surface des muscles sous-jacents lors de la conservation en carcasse, quartier ou pièce de gros. Dans certaines conditions, un parage supplémentaire des muscles peut alors être nécessaire et constituer une perte économique pour le distributeur et/ou le découpeur, qui se doivent de présenter aux clients des produits non altérés visuellement.

Des accords spécifiques peuvent ainsi exister entre client et fournisseur concernant l'absence d'émoussage de certaines parties de la carcasse, notamment du milieu train de côtes, destinées à être maturées sur des périodes longues.

NB : La filière s'interroge actuellement sur un arrêt, total ou partiel, de l'émoussage de la carcasse. Une nouvelle étude est menée en 2022 sur le sujet.

#### IMPACTS DE L'ÉMOUSSAGE SUR LE RENDEMENT D'ABATTAGE

Plus la quantité de gras émoussé sur la chaîne d'abattage est importante et moins le rendement d'abattage (poids carcasse froide/poids vif de l'animal) sera élevé (cf. Figure n° 2) (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses).

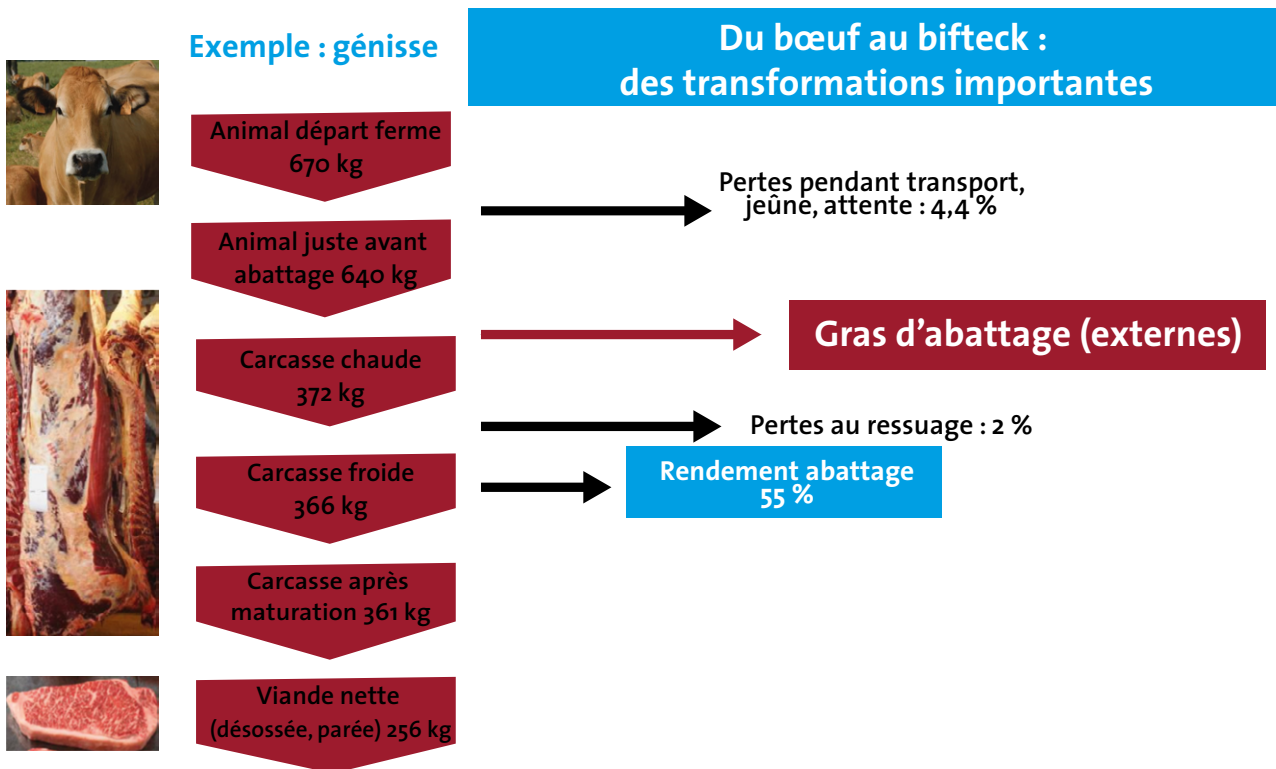


Figure n° 2 : Impacts de l'émoissage sur le rendement d'abattage

## PILOTAGE DU GRAS INTERMUSCULAIRE

Le gras intermusculaire, ou « marbré », est considéré comme un coproduit lors de la découpe de la viande. Les opérateurs de découpe disposent de différents outils pour piloter ce gras intermusculaire :

### LE PARAGE

Le parage des muscles (qui consiste en pratique à éliminer le gras intermusculaire) est plus ou moins important selon les muscles et les cahiers des charges de découpe.



Figure n° 3 : Épluchage d'un morceau de viande

Le parage est une étape consistant à enlever le gras attenant au muscle (cf. Figure n° 3). En pratique, le parage des muscles vise à éliminer le gras intermusculaire. Il est plus ou moins important selon les muscles et les cahiers des charges de découpe.

### L'ÉPLUCHAGE

L'épluchage consiste à retirer le tissu conjonctif attenant à la viande (cf. Figure n° 3), opération qui peut être réalisée simultanément au parage.

D'un point de vue réglementaire, le parage est précisément défini dans le règlement (CE) n° 853/2004 ainsi que dans le Code des usages des matières premières<sup>1</sup>.

À travers ces deux techniques, trois niveaux d'élaboration du muscle sont distingués (cf. Figure n° 4) :

- brut de désossage : muscle simplement désossé sans aucun parage (ni épluchage) ;
- paré sommairement ou semi-paré (PS ou SP) : le muscle a fait l'objet d'un premier niveau de parage (et d'épluchage) ;



Figure n° 4 : Trois types de présentation du muscle : brut de désossage (à gauche), PS (au milieu), PAD (à droite)

1. Code des usages des matières premières destinées aux produits élaborés (bovins-ovins-porcins) - septembre 2020 - Version 1.



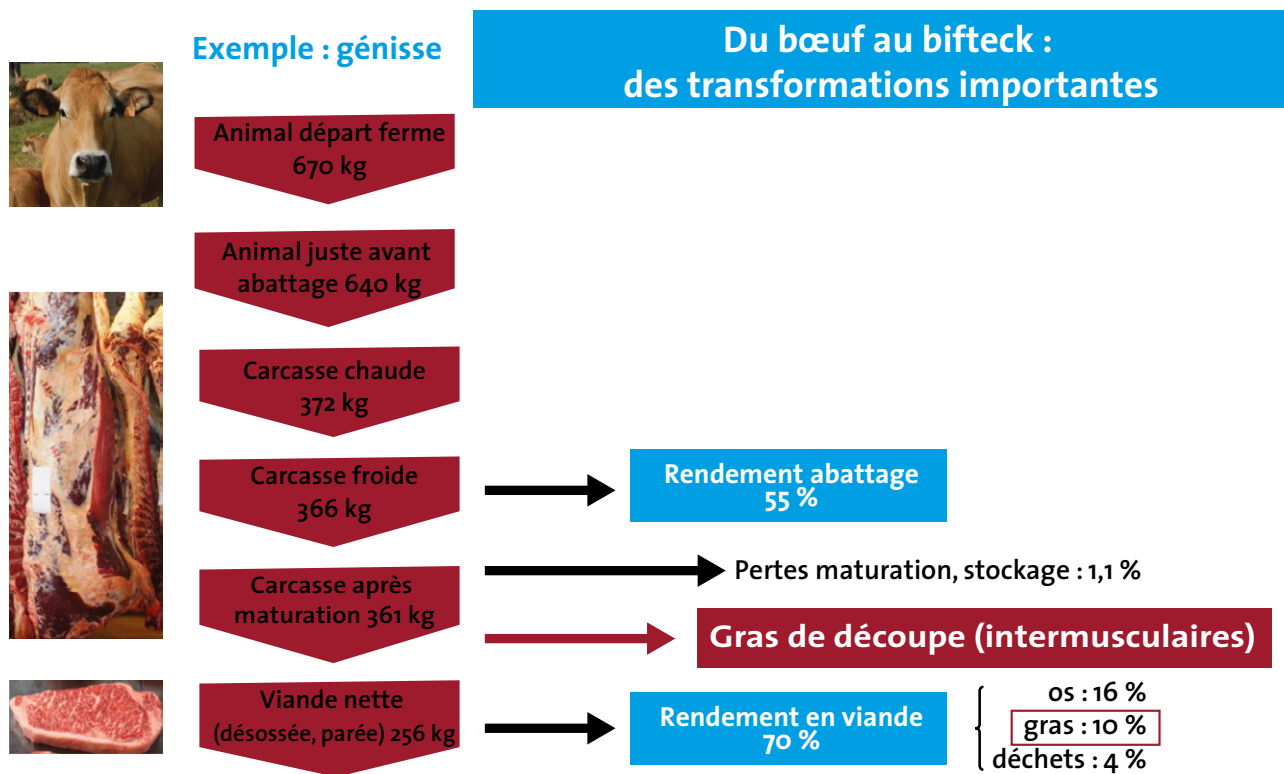


Figure n° 5 : Impacts du parage sur le rendement de découpe

- prêt-à-découper (PAD) autrement appelé « prêt-à-trancher » (PAT) : le muscle a été entièrement paré (et épluché). Comme l'é moussage, l'épluchage et le parage ont des conséquences sur la qualité du produit ainsi que sur le rendement de découpe.

#### IMPACTS DU PARAGE SUR LA QUALITÉ DES VIANDES

Le retrait de gras sur les morceaux de viande peut provoquer des phénomènes de bordage\* pour certains muscles, selon les conditions de stockage (température, stockage des produits, lumière...) (cf. Fiche 3.2 Couleur de la viande).

#### IMPACTS DU PARAGE SUR LE RENDEMENT DE DÉCOUPE

Le parage et l'épluchage ont un impact sur le rendement de découpe, caractérisé par le poids de la viande nette/le poids de la carcasse froide (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses). En effet, plus on enlève du gras et moins le rendement de découpe est élevé (cf. Figure n° 5).

Enfin, selon la destination commerciale des carcasses et des muscles, la quantité de gras intramusculaire pourra être prise en compte pour s'adapter au mieux aux attentes des clients.

#### LE GRAS INTRAMUSCULAIRE : UNE FORTE VARIABILITÉ MUSCULAIRE

Au sein d'une carcasse, les teneurs en gras intramusculaire, ou « persillé », varient fortement d'un muscle à l'autre. Cette diversité s'explique par le fait que tous les muscles n'ont pas la même capacité à s'engraisser. Une même carcasse contient des muscles gras, moyennement gras et maigres. On distingue :

- les muscles toujours « maigres », pour lesquels la teneur en lipides est indépendante de l'état d'engraissement de la carcasse et n'excède que rarement 5 % : rond de gîte, macreuse, tranche ;
- des muscles dits « moyennement gras », dont la teneur en lipides augmente avec l'état d'engraissement de l'animal tout en restant dans des proportions limitées : faux-filet, rumsteak, bavette d'ailou. Les teneurs en lipides de ces muscles sont généralement comprises entre 0 et 7 %, pouvant atteindre 10 % dans des cas extrêmes ;
- des muscles « gras », dont la teneur en lipides va être influencée par l'état d'engraissement de l'animal : la hampe, le paleron, la basse côte. Pour ces trois muscles, les taux de lipides s'étalent en moyenne de 0 à 10-12 %, voire au-delà pour des animaux excessivement gras.

Par ailleurs, d'une carcasse à l'autre, un même muscle ne s'engraisse pas à la même vitesse. Il est courant que, pour deux carcasses d'état d'engraissement globalement identique, un muscle donné présente des teneurs en lipides différentes (cf. Sous-fiche 3.5.4. Les leviers de pilotage du gras en amont de la filière).

L'adéquation entre le choix du muscle et la destination commerciale suivant la teneur en gras intramusculaire est donc primordiale (cf. Sous-fiche 3.5.6 Impacts du gras sur les consommateurs).

#### Pour aller plus loin :

- Langlois C. Vers un traitement différencié des carcasses de gros bovins, Tome 3 : incidence de l'é moussage sur la qualité des carcasses et des viandes. 1990. Étude Interbev.
- Le point sur le gras chez les bovins. 1994. Interbev, Idele.
- Pratique de l'é moussage sur la qualité des carcasses. Étude en cours. Adiv, Interbev.

## 6. IMPACTS DU GRAS SUR LES CONSOMMATEURS

L'acte d'achat des consommateurs est largement orienté par l'aspect visuel du produit. La quantité de gras visible sur le morceau de viande doit donc répondre à un juste équilibre : être suffisamment présent pour satisfaire le consommateur, mais pas en excès pour ne pas le rebuter à l'achat.



### LA SATISFACTION DES CONSOMMATEURS PÉNALISÉE PAR LE GRAS DE LA VIANDE

La teneur en gras du morceau de viande influence largement les consommateurs. Une enquête, réalisée auprès de 300 personnes en 2017, a montré l'impact du niveau de persillé (ou gras intramusculaire (cf. Sous-fiche 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière viande bovine), sur l'achat et la consommation de viande. Ainsi, les résultats de l'étude indiquent qu'une majorité des consommateurs préfère une viande présentant visuellement peu de gras, mais apprécie davantage le morceau le plus persillé lors de la dégustation (cf. Figure n° 1).

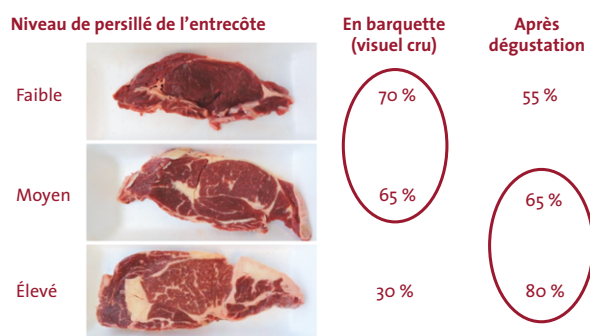


Figure n° 1 : Impacts des niveaux de persillé d'entrecôtes sur les préférences de 300 consommateurs de différentes villes françaises (Étude Interbev, Normand et al., 2017)

### L'ACTE D'ACHAT INFLUENCÉ PAR LA PRÉSENCE DE GRAS

Une évaluation visuelle des produits crus, menée durant l'étude de Normand et al., 2017, a montré que les produits avec des teneurs de gras intramusculaires élevées ne plaisent pas aux consommateurs (cf. Figure n° 2). Pour 30 à 40 % de ces derniers, ces morceaux ont été qualifiés « d'inhabituels » pour de la viande bovine et 60 à 70 % des consommateurs n'avaient pas l'intention d'en acheter.

En effet, les consommateurs ne veulent pas acheter le gras de la viande au même prix que le muscle. Il est considéré comme un déchet dans l'assiette et n'est pas considéré comme sain

pour la santé, détériorant les valeurs nutritionnelles de la viande<sup>1</sup>. Enfin, visuellement, il est confondu avec le collagène, qui est responsable en partie de la dureté de la viande (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande).

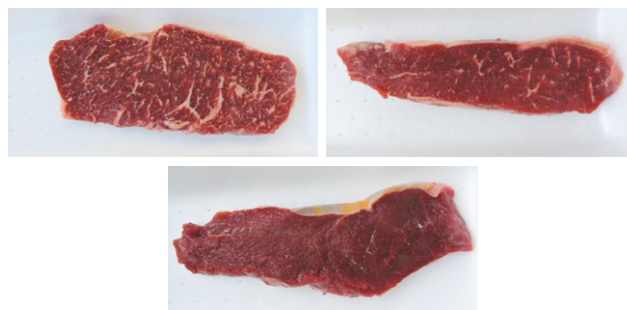


Figure n° 2 : Des morceaux de faux-filet présentant des teneurs de marbré et de persillé différentes utilisées pendant l'étude de Normand et al., 2017

### LE GRAS DE LA VIANDE ET LES PERCEPTIONS À LA DÉGUSTATION

Le gras de la viande contribue cependant largement à l'amélioration gustative des viandes. Ainsi, cette même étude (Normand et al, 2017) a montré que les viandes présentant le niveau de persillé le plus élevé ont été systématiquement les plus appréciées, et ont montré des améliorations significatives des qualités perçues en bouche. Le gras influe sur trois composantes de la qualité gustative : la flaveur, la tendreté et la jutosité.

#### FLAVEUR

Le gras accroît la flaveur de la viande. La flaveur correspond à un ensemble complexe de sensations gustatives (cf. Fiche 4.1 Évaluation sensorielle appliquée à la viande) et le tissu adipeux contient une grande partie des précurseurs aromatiques, notamment ceux spécifiques de l'espèce animale concernée. C'est lors de la cuisson de la viande, quand se produisent les réactions de Maillard<sup>2</sup> impliquant les protéines, les sucres et les lipides, que la flaveur se développe. Les viandes maigres ont donc souvent peu de goût. Ainsi, les variations de teneur en lipides dans la viande bovine expliquent jusqu'à 56 % de la

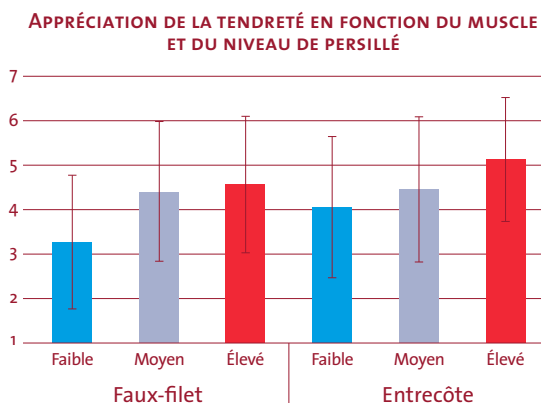
1. Pour en savoir plus : cf. Sous-fiche 3.5.2 Les constituants du gras.

2. Ensemble de réactions chimiques responsable du brunissement de la viande et de la synthèse d'arômes.

variation de la perception de la saveur (Dransfield *et al.*, 2003). Cette perception de la saveur serait optimale lorsque la viande contiendrait 3 à 4 % de gras intramusculaire (Savell and Cross, 1986) (cf. Sous-fiche 3.5.2 Les constituants du gras). Des études complémentaires sont à mener.

### TENDRETÉ

Réalisé sur les morceaux à cuisson rapide, il a été montré qu'une viande persillée (donc riche en gras intramusculaire) est généralement perçue comme plus tendre qu'une viande très maigre (cf. Figure n° 3) (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté de la viande). En effet, la matrice de collagène du muscle pourrait être déstructurée par un fort taux de lipides intramusculaires.



**Figure n°3: La perception de la tendreté augmente avec le niveau de persillé (1: me déplaît énormément à 7: me plaît énormément) L'effet est significatif entre les niveaux de persillé élevé et faible (+1,1 à 1,3 point): entre deux morceaux provenant de muscles et d'animaux comparables et ayant subi le même circuit de transformation, celui qui est le plus persillé paraît plus tendre.**  
Enquête réalisée en 2017 auprès d'un jury de 300 consommateurs dans trois Régions (Attentes des consommateurs en matière de viande bovine, Interbev, Idele, mars 2017).

Les morceaux à cuisson lente ne sont pas concernés par cet impact sur la tendreté. En effet, ils sont riches en collagène, protéine en partie responsable de la dureté des morceaux (cf. Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté des viandes). La cuisson à une température supérieure à 80 °C sur une longue durée permet de dissoudre le collagène en milieu aqueux en le rendant gélatineux. L'intérêt de la potentielle déstructuration du collagène grâce au gras intramusculaire ne concerne donc pas ces morceaux.

### JUTOSITÉ

De la même façon, une viande plus persillée est une viande plus juteuse. Lors de la dégustation de la viande, on distingue la jutosité primaire de la jutosité secondaire. La jutosité primaire, liée à la présence d'eau dans la viande, correspond au jus s'écoulant dans la bouche après les premières mastications. Ensuite, après quelques mastications, intervient la jutosité secondaire, directement liée à la présence de gras

intramusculaire, qui favorise la salivation (cf. Fiche 3.4 La jutosité de la viande).

À noter: Les perceptions de la qualité organoleptique des viandes sont interdépendantes: à dureté identique, le consommateur aura tendance à juger plus tendre une viande qui a du goût et du persillé par rapport à une viande qui en a moins. La perception de la tendreté, celle de la saveur et celle de la jutosité augmentent avec le taux de gras intramusculaire du morceau, et concernant ces deux derniers descripteurs, jusqu'à un certain niveau qu'il reste à déterminer (Frank *et al.*, 2016).

L'obtention d'un compromis sur le niveau de gras du morceau de viande est indispensable: suffisamment pour satisfaire le consommateur à la dégustation mais pas en excès pour ne pas le rebuter à l'achat. Cet optimum peut varier suivant les pays avec, par exemple, des pays Asiatiques (Corée, Japon et Taiwan) préférant des niveaux de persillé plus élevés que les pays occidentaux. Des études sont encore à mener non seulement sur la détermination de cet optimum, mais également sur la communication auprès du consommateur sur les intérêts nutritionnels et gustatifs du gras.

### Pour aller plus loin :

- Cassagnol V. Facteurs déterminant de la variation sensorielle de la viande bovine: quelle importance de la race? *Viandes & Produits Carnés*. 2018. 34-1-5.
- Dransfield E, Martin JF, Bauchart D, Abouelkaram S, Lepetit J, Culioli J, Jurie C, Picard B. Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls. 2003. *Animal Science*. 76, 387-399.
- Frank D, Joo ST, Warner R. Consumer acceptability of intramusculaire fat. 2016. *Korean J. Food Sci. An*. Vol. 36 , No. 6, pp. 699-708.
- Hocquette JF, Gondret F, Baéza E, Médale F, Jurie C, Pethick DW. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. 2010. *Animal*, 4:2, pp 303-319.
- Legrand I, Hocquette JF, Denoyelle C, Bièche-Terrier C. 2016. La gestion des nombreux critères de qualité de la viande bovine: une approche complexe. *Inra Prod. Anim*. 29 (3), 185-200.
- Motoyama, M., Sasaki, K., & Watanabe, A. (2016). Wagyu and the factors contributing to its beef quality: A Japanese industry overview. *Meat Science*. 120, 10-18.
- Santos D, Monteiro MJ, Voss HP, Komora N, Teixeira P, Pintado M. The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: a review. 2021. *Livestock Science* 250 104573.
- Savell TJ W, Cross HR. The Role of Fat in the Palatability of Beef, Pork, and Lamb. 1986. *Designing Foods: Animal Product Options in the Marketplace*.
- Normand J. Flattard C., Philibert A. Attentes des consommateurs en matière de qualité de viande bovine. 2017. Collection résultats INTERBEV.



## 7. MESURES DU GRAS

Les caractéristiques des gras peuvent être évaluées à différentes étapes de la production de viande : sur l'animal vivant, sur la carcasse, sur le morceau de viande et sur la viande hachée. Plusieurs méthodes permettent de caractériser les différents dépôts.



La mesure du gras en quantité et en qualité peut se faire à différents niveaux de la filière : en élevage sur des animaux vivants, sur la carcasse et sur le morceau de viande. De nombreux outils existent et cette fiche se propose d'évoquer uniquement les outils utilisés en France.

Deux contextes différents d'utilisation des outils cités dans ce document sont identifiés par les logos suivants :

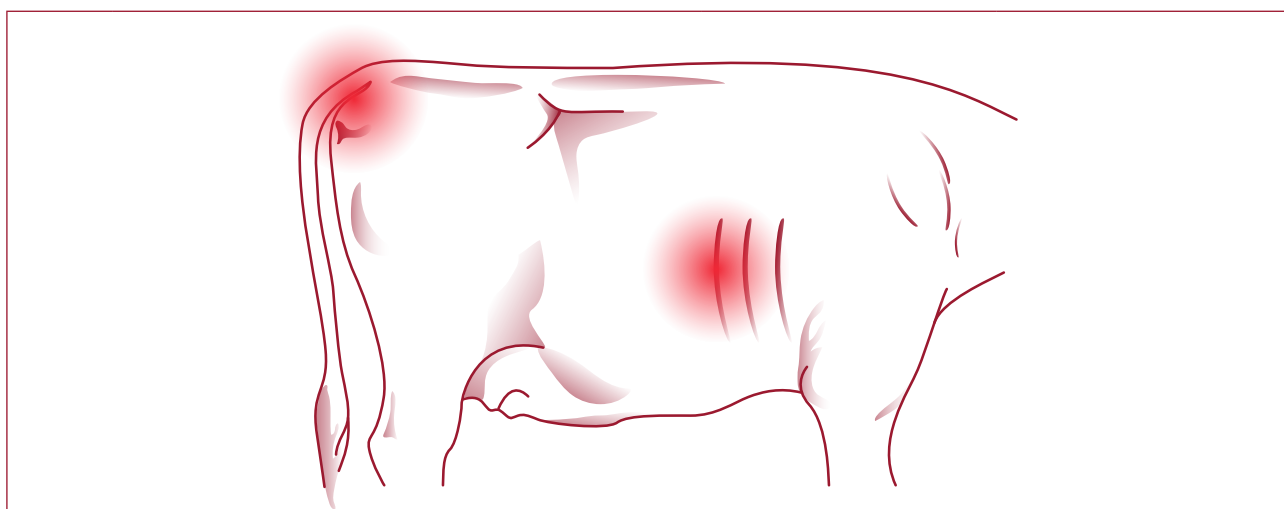
- les outils utilisés en recherche et développement : 
- les outils utilisés sur le terrain : 

### MESURES DU GRAS SUR L'ANIMAL VIVANT

#### LA NOTE D'ÉTAT CORPOREL (NEC)

Sur l'animal, l'appréciation du gras de couverture, ou de maniement, peut se faire par la note d'état corporel (NEC). Cette mesure s'effectue essentiellement avec des palpations, sur deux sites sur l'animal vivant (cf. Figure n° 1). La note « 0 » est attribuée aux animaux les plus maigres et celle de « 5 » aux plus gras.

La note finale (NEC) est obtenue à partir de la moyenne des deux postes de notation.



NOTE	MAIN GAUCHE SUR LE LIGAMENT SACRO-TUBÉRAL (ATTACHE DE LA QUEUE)		MAIN DROITE À PLAT SUR LES DEUX DERNIÈRES CÔTES	
	0	Peau adhérente	Pincement difficile	Peau tendue et collée sur les côtes
1	Peau tendue	Pincement possible	Peau tendue et collée sur les côtes	Côtes saillantes
2	Peau se décolle	Léger dépôt identifiable	Peau souple	Côtes encore bien distinctes
3	Peau souple	Poignée de gras	Peau « roulée » entre les mains et l'os	Dépression intercostale
4	Peau souple	Bonne poignée de gras	Plus de dépression intercostale	
5	Peau rebondie	Pleine poignée de gras	Un épais « matelas » recouvre les côtes	

Figure n° 1: Grille de notation de l'état corporel des bovins (source : J. Agabriel et al., 1986)

Utilisée en recherche et développement, cette mesure peut également être effectuée par l'éleveur ou par le technicien et constitue alors un indicateur de la décision d'abattage des animaux.

### L'ÉCHOGRAPHE

Aujourd'hui, l'échographe est utilisé en routine par les vétérinaires pour suivre les gestations des animaux, mais il peut être utilisé à d'autres fins. En effet, l'échographie produit une image permettant de quantifier l'épaisseur de différents tissus de l'animal, dont le gras sous-cutané, le gras intramusculaire, voire le tissu musculaire (cf. Figure n° 2).

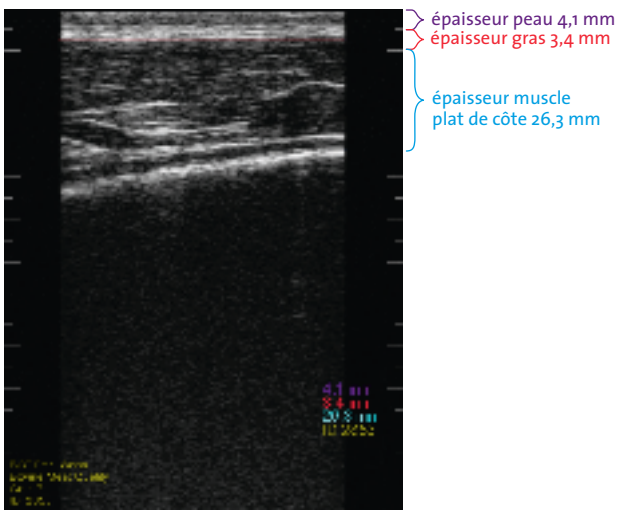


Figure n° 2 : Prise de mesure d'échographie (en haut) et résultat obtenu (en bas)



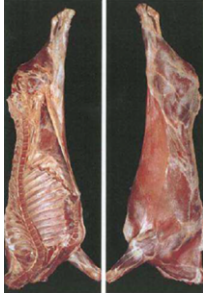
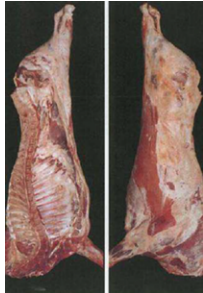

Figure n° 3 : Exemple d'échographie permettant une mesure en profondeur des tissus

Pour le moment, cette mesure est utilisée à l'étranger (notamment Amérique du Nord et Australie) par certaines filières pour l'indexation génétique de la teneur en gras sous-cutané et du persillé des bovins et des porcins. Ce type de mesure nécessite des échographes puissants. Ces dispositifs n'ont pas été testés en France, des projets de recherche sont envisagés dans la filière bovine française (cf. Figure n° 3). Cette technologie représente un intérêt pour l'indexation génétique, mais elle n'est pour l'instant pas utilisée en routine dans les élevages français.

## MESURES DU GRAS SUR LA CARCASSE

### LE CLASSEMENT EUROP

Pour mesurer la teneur en gras d'une carcasse à l'abattoir, l'état d'engraissement est évalué grâce à l'appréciation du gras de couverture et du gras interne. Une grille communautaire a été établie (règlement UE n° 1308/2013 complété par le règlement délégué (UE) n° 2017/1182) et prévoit un jugement de l'état d'engraissement sur une échelle de 5 classes (cf. Figure n° 4). Cette mesure est effectuée par un classificateur\*, qui dans certains cas, est assisté d'une machine à classer (MAC cf. figure n° 5) grâce au principe de l'analyse d'images (cf. Fiche 1.2 Caractéristiques des carcasses).

Illustration	Description classe d'état d'engraissement
	<p><b>1: Très faible</b></p> <p>Couverture de graisse inexistante à très faible.</p> <p>Pas de graisse à l'intérieur de la cage thoracique.</p>
	<p><b>2: Faible</b></p> <p>Légère couverture de graisse, muscles presque partout apparents.</p> <p>À l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes sont nettement visibles.</p>
	<p><b>3: Moyen</b></p> <p>Muscles, à l'exception de la cuisse et de l'épaule, presque partout couverts de graisse ; faibles dépôts de graisse à l'intérieur de la cage thoracique.</p> <p>À l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes sont encore visibles.</p>

	<p><b>4: Fort</b> Muscles couverts de graisse mais encore partiellement visibles au niveau de la cuisse et de l'épaule; quelques dépôts prononcés de graisse à l'intérieur de la cage thoracique. Les veines de gras de la cuisse sont saillantes; à l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes peuvent être infiltrés de graisse.</p>
	<p><b>5: Très fort</b> Toute la carcasse recouverte de graisse, dépôts importants à l'intérieur de la cage thoracique. La cuisse est presque entièrement recouverte d'une couche épaisse de graisse, de sorte que les veines de gras sont très peu apparentes: à l'intérieur de la cage thoracique, les muscles entre les côtes sont infiltrés de graisse.</p>

Figure n°4: Grille d'état d'engraissement des gros bovins (règlement UE n° 1308/2013 et règlement délégué (UE) n° 2017/1182)



Figure n°5: MAC: l'analyse d'image permet l'attribution d'une note de conformation des carcasses au tiers de classe et d'une note allant de 1 à 5 pour l'état d'engraissement

**LA GRILLE D'ÉVALUATION INTERPROFESSIONNELLE DU PERSILLÉ**

Une grille permet de quantifier le niveau de persillé d'un morceau de viande en six classes, 1 correspondant au morceau le plus maigre et 6 au plus gras (cf. Figure n° 6).



Figure n° 6: Grille interprofessionnelle de notation du persillé



Figure n° 7: Cinquième côte sur l'avant de carcasses (AVT5)

Cette grille est utilisée à l'abattoir sur le quartier avant, au niveau de la noix de la 5<sup>e</sup> côte (cf. Figure n° 7). Encadrée par l'accord interprofessionnel Interbev de 2022<sup>1</sup>, la grille de mesure du persillé (gras intramusculaire) est l'outil obligatoire pour les industriels souhaitant mesurer le gras intramusculaire sur les bovins de 8 mois ou plus. Des conditions de formation et de suivi des classificateurs habilités à exercer ce classement sont également prévues. Des conditions spécifiques de réalisation du classement doivent également être respectées. Par exemple, il est important que la coupe soit bien éclairée, en évitant les reflets, avec une intensité lumineuse suffisante et un faisceau lumineux homogène. Ces conditions sont définies dans un guide d'utilisation<sup>2</sup>.

**LA GRILLE D'ÉVALUATION DU MARBRÉ**

L'épaisseur du gras intermusculaire (dit marbré) peut être quantifié, grâce à une grille technique, qui se décline en cinq classes: 0 en cas d'absence de gras intermusculaire et 4 pour un état d'engraissement important (cf. Figure n° 8). La notation s'effectue également sur la 5<sup>e</sup> côte du quartier avant. Cet outil est utilisé pour caractériser le marbré dans le cadre de projets de recherche et développement.

**LA GRILLE D'ÉVALUATION DE LA COULEUR DU GRAS**

La couleur du gras de couverture de la carcasse des gros bovins est mesurée grâce à une grille (cf. Figure n° 9), avec des

1. Accord interprofessionnel du 22 mars 2022.

2. Cf. Guide d'utilisation de la grille interprofessionnelle pour évaluer le persillé sur les carcasses de bovins âgés de 8 mois ou plus.

GRILLE DE NOTATION DU « MARBRÉ » (GRAS « INTERMUSCULAIRE ») Institut de l'élevage, service qualité des viandes, 1997					
Localisation de la notation : milieu de train de côtes ou basses-côtes côté coupe ART8 / AVT 5					
NOTE 0	NOTE 1	NOTE 2	NOTE 3	NOTE 4	NOTE 5
Absence					« Dégénérescence graisseuse »

Figure n°8 : Grille de notation du marbré





GRILLE DE NOTATION DE LA COULEUR DU GRAS DE GROS BOVINS Institut de l'élevage, service qualité des viandes, 1996			
Localisation de la notation : gras de couverture Endroit : suffisamment bien éclairé (lumière blanche)			
NOTE 1 Blanc	NOTE 2 Jaune pâle	NOTE 3 Jaune	NOTE 4 Jaune prononcé
			

Figure n°9 : Grille de notation de la couleur du gras

notes allant de 1 (gras blanc) à 4 (gras jaune). La mesure de la couleur du gras de couverture est également réalisée dans le cadre de projets de recherche et développement.

La notation de la couleur du gras est réalisée sur des carcasses totalement ressuyées, soit 24 heures après l'abattage. Effectivement, les gras apparaissent tous blancs sur des carcasses chaudes et la couleur évolue avec le refroidissement.

## MESURES DU GRAS SUR LA VIANDE

### MESURE DES LIPIDES

Sur un morceau de viande, deux types d'analyses de lipides sont distinguées et réalisées en laboratoire: le dosage en lipides totaux<sup>3</sup> et en lipides libres<sup>4</sup>. Ces mesures peuvent être réalisées dans le cadre de projets de recherche et développement.

#### Dosage des lipides totaux

La mesure des lipides totaux sous-entend le dosage à la fois des lipides de structure, c'est-à-dire les constituants des membranes cellulaires, et des lipides de réserve, composés en majorité de triglycérides (cf. Sous-fiche 3.5.2 Les constituants du gras). Ce dosage est basé sur une hydrolyse acide pour libérer les lipides puis sur une extraction de la matière grasse par des solvants (cf. Figure n° 10).

#### Dosage en lipides libres

À la différence de la mesure des lipides totaux, le dosage en lipides libres fait référence uniquement aux lipides de réserve.



Figure n° 10 : Traitement à l'acide chlorhydrique des échantillons de viandes

La matière grasse libre est obtenue après une étape de dessiccation, puis d'extraction.

Le marché des viandes hachées étant segmenté suivant la teneur en matière grasse du produit (de 5 à 20 %), la mesure utilisée pour doser les lipides est celle des acides gras libres<sup>5</sup>. Des outils de mesure instantanée basés sur des technologies de proche infrarouge, tel que le FoodScan<sup>®6</sup>, permettent de mesurer en ligne la teneur en matière grasse des viandes hachées sur les chaînes de fabrication.

#### Profil de la composition des acides gras

Il est possible d'effectuer un profil de la composition des acides gras<sup>7</sup> constituant un échantillon de viande. Après une étape de méthylation de la matière grasse, une chromatographie permet de donner la composition en matière grasse contenue dans l'échantillon de viande.

Les nombreuses études réalisées sur la détermination de la composition nutritionnelle des viandes permettent, en autres, d'alimenter la table des viandes bovines du Ciqual gérée par l'Anses<sup>8</sup>. La table Ciqual constitue la base de référence des compositions nutritionnelles (lipides, protéines, glucides, sucres totaux...) des différents aliments consommés en France.

3. Norme NF V04-402 – Détermination de la teneur en matière grasse totale (janvier 1968).

4. Norme NF V04-403 – Détermination de la teneur en matière grasse libre (avril 2001).

5. Cf. Code des usages pour les viandes hachées et les préparations de viandes hachées préparées à l'avance, Certiviande.

6. FoodScan<sup>®</sup> de l'entreprise Foss.

7. Norme NF EN ISO 5509 : Préparation des esters méthyliques d'acides gras.

8. Ciqual : table de composition nutritionnelle des aliments, disponible sur : <https://ciqual.anses.fr/>

**LE SAVIEZ-VOUS ?****Meat@ppli : outil utilisant l'analyse d'image**

Meat@ppli est une application smartphone permettant d'estimer la proportion de gras de la viande, à partir d'une photo, au stade de la carcasse. Elle est issue d'un projet collaboratif piloté par l'Institut de l'Élevage entre 2017 et 2021, qui associait les compétences complémentaires de deux partenaires scientifiques : l'Unité Mixte de Recherche sur les Herbivores INRAE - Université Clermont Auvergne - VetAgroSup et l'Institut Pascal (Unité Mixte de Recherche Université Clermont Auvergne, CNRS, Clermont Auvergne INP).

A partir d'une image de la coupe primaire d'une carcasse de gros bovins (entre la 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> côte) prise dans des conditions standardisées, l'application permet d'estimer les proportions de gras intramusculaire de la noix d'entrecôte et de gras total dans la côte, de façon fiable, économe et non destructive. Pour cela, elle utilise des techniques d'analyse d'image associées à l'intelligence artificielle. Aujourd'hui, Meat@ppli est une preuve de concept ayant démontré son efficacité. Les résultats sont encourageants et sont largement diffusés auprès de la profession et de la recherche à travers différents livrables et interventions disponibles en accès libre sur le site internet du projet\*. Néanmoins,

l'application est toujours en phase de développement et des améliorations sont encore possibles. Les modèles de prédiction doivent encore être affinés en augmentant le nombre de données de la base de calibration. De plus, l'adaptation de l'application à une utilisation en routine dans un contexte industriel reste à faire.

\* <https://idele.fr/meatappli/> et <https://vimeo.com/571657120>

Ces données sont collectées en permanence par l'Anses auprès des opérateurs, distributeurs et interprofessions.

Enfin, au-delà des outils utilisés en France, des technologies d'analyse d'images, d'infrarouge ou encore d'ultrasons sont utilisées pour mesurer les différents dépôts adipeux. Ces outils peuvent être calibrés sur des systèmes tels que MSA (australien) ou encore USDA (américain) (I.Cos, 2021).

**Pour aller plus loin :**

- Agabriel J, Giraud JM, Petit M, 1986. Détermination et utilisation de la note d'état d'engraissement en élevage allaitant. *Bull. Tech. CRZV Theix Inra*. 66, 43-50.
- Cos I. État des lieux des outils existants pour mesurer le persillé à l'abattoir. 2021. Interbev, Idele.
- Normand J, Meunier B, Albouy-Kissi B, Tisseur P, El Jabri M, Bonnet M. Meat@ppli - application smartphone pour déterminer la teneur en gras de la viande bovine en temps réel. 2022. *Innovations Agronomiques* 85, 213-223.



---

# **PARTIE 4**

## **OUTILS DE MESURE**

---

**1. MESURE DU PH DE LA VIANDE**

**2. MESURE DE LA TEMPÉRATURE DE LA VIANDE**

**3. ÉVALUATION SENSORIELLE APPLIQUÉE À LA VIANDE**

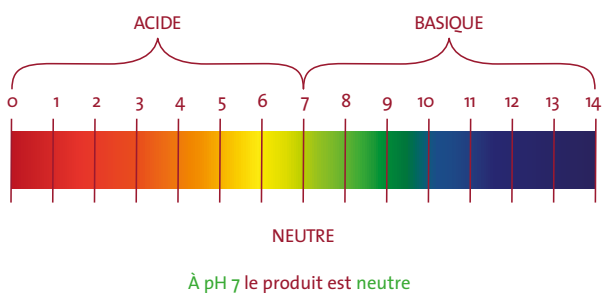
# 1

## MESURE DU PH DE LA VIANDE

La fiabilité de la mesure du pH repose sur les caractéristiques du matériel et le respect de bonnes pratiques.



Le degré d'acidité du muscle après abattage peut être évalué par la mesure du pH (potentiel hydrogène) (cf. Figure n° 1) qui passe d'un niveau proche de 7,0 (neutralité) à une valeur située entre 5,5 et 5,7 au bout de 48 heures environ. Des problèmes technologiques et de conservation se posent lorsque le pH ultime (valeur atteinte une fois le processus d'acidification du muscle terminé) reste supérieur ou égal à une valeur seuil située entre 5,7 et 6,0, variable selon les entreprises et les pays<sup>1</sup>: la carcasse est alors dite à pH élevé (cf. Fiche 2.2 Origine et leviers d'action pour les pH élevés).



En-dessous de 7 le produit est acide Au-dessus de 7 le produit est basique (cas de la viande)

Figure n° 1: Gamme de valeurs du pH (potentiel hydrogène)

Une mesure du pH non destructrice et simple de mise en œuvre permet d'identifier les viandes à pH élevé. Elle est à la base de la maîtrise et de la gestion des viandes à pH élevé (cf. Fiche 2.2 Origine et leviers d'action pour les pH élevés).

La fiabilité de la mesure du pH des carcasses est primordiale. Elle repose sur les caractéristiques du matériel et sa maintenance, la formation du personnel et le respect d'un mode opératoire rigoureux.

### MESURE DIRECTE DU PH AU MOYEN DU PH-MÈTRE

#### LE MATÉRIEL

Le pH-mètre comprend trois éléments reliés entre eux, constituant une « chaîne de mesure » (cf. Figure n° 2):

- le boîtier du pH-mètre (récepteur);
- l'électrode (prise de mesure + transmetteur);
- le câble de liaison entre le boîtier et l'électrode.



Figure n° 2: pH-mètre avec électrode de verre (à gauche) et sonde de température (à droite) séparées

Les propriétés de la viande ainsi que l'utilisation en milieu industriel imposent l'emploi d'un matériel spécifique.

Le pH-mètre doit être peu encombrant et pouvoir être porté en bandoulière avec, si possible, un étui permettant le rangement de l'électrode, très fragile, entre deux mesures. Il convertit le signal exprimé en mV fourni par l'électrode en une valeur de pH, obtenue par lecture directe en unités pH

1. Il n'existe pas de seuil technique ou réglementaire défini en France pour caractériser une viande à pH élevé: même si la norme Afnor V46 001 (décembre 1996) fait état de la valeur de 6,0, la limite admise par les opérateurs est généralement comprise entre 5,8 et 6,0.

avec deux décimales, sur une échelle de 1 (très acide) à 14 (très basique).

L'électrode est mixte (ou combinée) (cf. Figure n° 3) : elle comporte une électrode de référence et une électrode de mesure contenues dans l'appareil. La partie mesure, non protégée, est en verre très fragile. Une électrode adaptée à la matrice viande (c'est-à-dire aux denrées alimentaires solides ou semi-solides) ne comporte pas de diaphragme\* ; l'électrolyte\* se présente sous forme d'un gel ou d'un polymère solide.



Figure n° 3 : Électrode pH combinée à pointe de verre et électrolyte polymérisé sous forme solide

L'électrode mixte est introduite dans le muscle après une légère incision réalisée au moyen d'un couteau. Certaines électrodes comportent une lame ou un poignard intégré(e) permettant d'éviter cette incision préalable au couteau.

Étant donné que le pH évolue en fonction de la température, un système de correction pour la température (avec une précision de mesure d'une décimale) est vivement recommandé :

- la correction est faite automatiquement au moyen d'une sonde de température reliée au pH-mètre ou intégrée à l'électrode ;
- dans le cas contraire, la correction se fait manuellement au moyen d'un thermomètre en pointe pour la pénétration dans la viande (cf. Sous-fiche 4.2 - Mesure de la température de la viande).

Le câble de liaison entre le pH-mètre et l'électrode est à manier avec précaution. Il doit mesurer 1 mètre maximum :

- au-delà, le signal transmis s'estompe ;
- le câble se comporte comme une antenne, ce qui entraîne des perturbations électromagnétiques d'autant plus grandes qu'il est long (cf. paragraphe Environnement de mesure) ;
- une plus grande longueur augmente aussi le risque de déconnexion accidentelle électrode - câble - pH-mètre nécessitant obligatoirement un nouvel étalonnage (cf. paragraphe L'étalonnage).

Il est important de veiller au bon état du câble. Ainsi, un câble endommagé peut entraîner un affichage très instable et/ou des valeurs incohérentes.

Certains appareils permettent d'enregistrer et de transférer sur un fichier informatique l'ensemble des mesures de pH réalisées sur une période. Ce type de matériel adapté aux entreprises ayant un volume d'abattage important permet éventuellement d'enregistrer aussi le numéro de tuerie de la carcasse. Le nombre d'appareils équipant chaque site doit être raisonné en fonction des volumes d'abattage. Il est recommandé de dis-

poser de matériel de rechange afin de toujours pouvoir réaliser les mesures en cas de panne.

### L'ÉTALONNAGE\* (OU CALIBRATION) DU PH-MÈTRE

Cette opération est le point de départ indispensable d'une bonne mesure. Elle consiste à adapter le pH-mètre à l'électrode utilisée.

L'étalonnage doit être fait régulièrement (cf. paragraphe Réalisation de la mesure directe du pH), et systématiquement dès lors qu'une mesure anormale est observée, ou que la chaîne de mesure est modifiée (par exemple changement de câble ou d'électrode, déconnexion accidentelle du câble). Avant chaque étalonnage, vérifier l'état de l'électrode, qui doit être propre et sans bulle d'air au niveau de la pointe. Il n'est pas nécessaire de réaliser un étalonnage trois points (c'est-à-dire au moyen de trois solutions tampons de pH différent) : un étalonnage deux points, avec deux solutions tampons dont les pH encadrent la plage de valeurs rencontrées pour la viande (par exemple 7,00 et 4,01), est suffisant. L'étalonnage a deux objectifs (cf. Figures n° 4 et 5).

#### 1. Compensation du point zéro ou point iso-électrique

Cette étape permet de compenser le décalage de voltage fourni par l'électrode plongée dans la solution tampon 7,00 par rapport à la valeur théorique qui devrait être trouvée, c'est-à-dire 7,00 (compensation du point zéro ou point iso-électrique, différent pour chaque électrode et variable en fonction de son vieillissement).

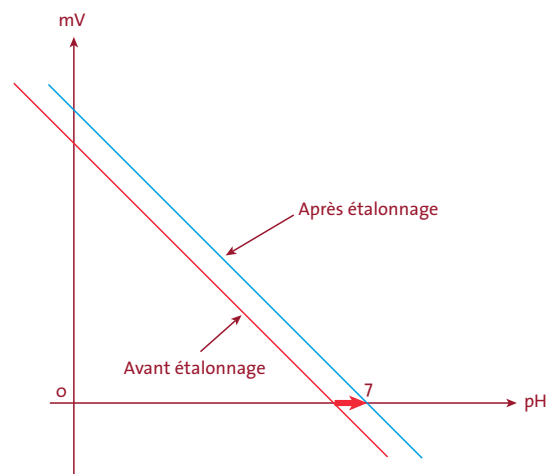


Figure n° 4 : Compensation du point zéro ou point iso-électrique

#### 2. Ajustement de la pente

Cette étape permet d'ajuster la pente de l'équation d'étalonnage obtenue grâce au second point, via le tampon 4,01 (traduction de l'écart théorique en mV correspondant à une unité pH à une température donnée<sup>2</sup>) ; l'écart à la pente théorique  $\Delta p$  est exprimé en %.

Le pH-mètre restitue les valeurs d'étalonnage suivantes : écart de pente en % ( $\Delta p$ , cf. Figure n° 5), temps de réponse nécessaire pour obtenir une valeur de pH stabilisée et point zéro.

2. À titre d'exemple, d'après l'équation de Nernst, la variation d'une unité pH correspond à un écart de 59,2 mV à 25 °C.

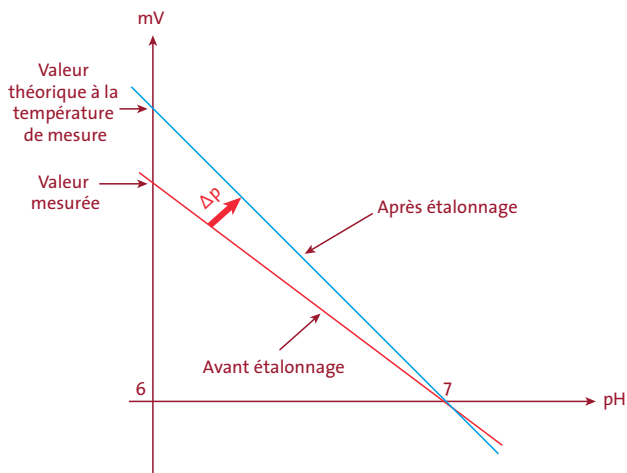


Figure n° 5 : Ajustement de la pente

Un écart de pente maximum de 5 % (soit une gamme de 95 à 105 %) est acceptable : il correspond à une précision de 0,1 unité pH. Des valeurs entre 98 et 102 % sont recommandées pour plus de précision (0,05 unité pH). Certains pH-mètres indiquent la valeur de la pente pendant la prise de mesures, ce qui permet de la vérifier régulièrement (cf. *paragraphe Réalisation de la mesure du pH*).

Les solutions tampons ont une durée de vie limitée (un mois après ouverture en général) : il est conseillé de disposer de flacons de taille adaptée à la fréquence d'utilisation. Pour éviter tout risque de pollution par de la viande par exemple, on prélèvera les solutions tampons par petites quantités (20 ml) dans un petit bécher en plastique, mais suffisantes pour permettre l'immersion totale de la pointe de l'électrode (cf. *Figure n° 6*). Ne pas réutiliser ces solutions potentiellement souillées pour un nouvel étalonnage. Ne jamais tremper directement l'électrode dans le flacon de solution tampon. Refermer rapidement les flacons de solution tampon.

Les solutions tampons doivent être stockées à température de mesure (entre 4 et 7 °C dans le cas de la viande), pour éviter les écarts de température au moment de l'étalonnage et de la mesure. Pour une correction satisfaisante de la température par le pH-mètre, il est nécessaire d'utiliser des solutions tampon dont les abaques pH/température correspondent à



Figure n° 6 : Utilisation des solutions tampons. À droite, pissette.

celles enregistrées dans la mémoire du pH-mètre (les solutions tampons se comportent différemment en fonction de la température d'où des erreurs de mesure - consulter le manuel du pH-mètre).

L'électrode doit également être stockée à température de mesure, pour qu'elle soit thermiquement stable pendant l'étalonnage et les mesures.

S'il n'est pas possible de stocker l'électrode et les solutions tampon au froid, les placer au moins quinze minutes à l'avance à température de mesure. Procéder à l'étalonnage selon les préconisations du fabricant : tremper l'électrode dans chaque solution tampon, en indiquant leur température si besoin (mode manuel), et en corrigeant si nécessaire la valeur de pH affichée par l'appareil successivement avec la première puis la deuxième solution tampon, en tenant compte de la température (se référer aux indications des solutions tampon : un pH égal à 7,00 à 20 °C passe à 7,09 à 5 °C par exemple).

Prendre soin de bien rincer l'électrode avec de l'eau distillée entre les deux solutions tampons (il est pratique d'utiliser une pissette). Égoutter l'électrode. La sécher éventuellement mais sans la toucher avec les doigts ni la frotter, en la tamponnant délicatement avec du papier absorbant. Les solutions tampons supportent bien une légère dilution : le séchage n'est donc pas indispensable.

Si le résultat de l'étalonnage est satisfaisant (en particulier la valeur de la pente), enregistrer les paramètres puis procéder à un contrôle du point zéro en plongeant l'électrode, rincée au préalable, dans la solution tampon de pH 7,00. Si ce contrôle est satisfaisant (différence  $\leq 0,03$  unité pH par rapport à la valeur attendue soit entre 6,97 et 7,03, ce qui correspond à l'ordre de grandeur de la précision d'un pH-mètre), l'étalonnage est terminé. Si le résultat du premier étalonnage ou du contrôle n'est pas satisfaisant, recommencer la procédure d'étalonnage ; en cas de nouvel échec, vérifier la qualité des solutions, l'état du câble et de l'électrode (envisager son changement).

#### STOCKAGE DU MATÉRIEL

Le boîtier du pH-mètre doit être stocké à l'abri de l'humidité. Il peut être rangé séparément de l'électrode et des solutions tampons, qu'il est fortement recommandé de stocker avec les petits béchers et la pissette d'eau distillée servant à l'étalonnage, dans une boîte fermée, dans la salle de mesure ou à température équivalente.

La pointe de l'électrode supporte de rester à l'air libre pendant les mesures, mais doit impérativement baigner dans du chlorure de potassium (KCl 3M en quantité suffisante, placé dans le capuchon) pour ne pas s'assécher pendant le stockage ou entre deux séries de mesures. Si la pointe de l'électrode a été laissée à l'air, il faut la faire tremper au moins douze heures dans du KCl avant de pouvoir l'utiliser à nouveau, ce qui ne suffit parfois pas : il faut alors changer l'électrode.

#### MAINTENANCE DU PH-MÈTRE

Le pH-mètre demande à être manipulé et entretenu avec soin : l'électrode est très fragile. Ainsi, afin de garantir la fiabilité des mesures, il est nécessaire de réaliser une bonne maintenance et de respecter le mode opératoire. Cela suppose une forma-

tion adéquate et régulière du personnel chargé de leur réalisation.

La maintenance recouvre le suivi et l'entretien du matériel, c'est-à-dire son cycle de vie : identification, date de mise en service, durée de garantie, date de remplacement de l'électrode, du câble, des solutions tampons et relevé des éventuelles pannes rencontrées. Le suivi des étalonnages et des performances de l'électrode mène à son éventuel remplacement (le vieillissement de l'électrode se traduit en effet par une augmentation du temps de réponse) : la durée de vie d'une électrode est de six mois à un an. Une électrode neuve doit obligatoirement être vérifiée avec un essai d'étalonnage.

### LE SAVIEZ-VOUS ?

Le chlorure de potassium (KCl 3M) forme une pellicule sur l'électrode et empêche un bon contact avec la viande : l'électrode doit donc être rincée avant toute série de mesures. Il n'est en revanche pas nécessaire de nettoyer ni de rincer l'électrode entre deux mesures.

Une électrode encrassée par des résidus de viande (entraînant un temps de réaction plus élevé) peut être nettoyée à l'eau chaude (40 °C) savonneuse (sans brosse, qui risquerait d'endommager la pointe de verre), puis rincée à l'eau distillée, égouttée et éventuellement tamponnée avec du papier absorbant ; elle peut ensuite être replacée dans le KCl ou servir aux mesures.

Il faut absolument éviter de toucher ou de frotter la pointe de l'électrode, sous peine de la charger en électricité statique et de la faire vieillir prématurément.

Si une bulle d'air s'est formée dans la pointe (stockage à l'horizontale), secouer vigoureusement l'électrode pointe vers le bas, en faisant des mouvements brefs, pour la faire disparaître. S'il n'est pas possible d'éliminer la bulle d'air, il faut changer l'électrode.

## RÉALISATION DE LA MESURE DIRECTE DU pH DANS LA CARCASSE OU LA VIANDE

### PRÉALABLE

Penser à vérifier :

- l'état du câble et la charge du pH-mètre ;
- l'état de propreté de l'électrode, l'absence de bulle d'air dans le gel ;
- les paramètres d'étalonnage (pente en particulier, procéder à un nouvel étalonnage si besoin).

L'électrode doit être rincée pour retirer la pellicule formée par le KCl (empêchant un bon contact avec le muscle), puis égouttée. Faire un contrôle du point zéro en plongeant l'électrode dans la solution tampon de pH 7,00 ; si le contrôle est satisfaisant (différence  $\leq 0,03$  unité pH par rapport à la valeur attendue), les mesures peuvent débuter. De manière générale,

il est vivement conseillé de faire très régulièrement un contrôle du point zéro, aussi souvent que possible, toutes les dix carcasses par exemple. Tant que ce contrôle est satisfaisant, il n'est pas nécessaire de réétalonner l'électrode, même en cas d'arrêt de l'appareil.

### QUAND ?

La mesure de pH doit être effectuée au stade de l'abattoir, de l'atelier de découpe ou à la réception des quartiers, au moins 18 à 24 heures après l'abattage, pour obtenir une bonne approximation du pH ultime. Avant ce délai, on risque de considérer des carcasses conformes comme étant à pH élevé, alors que leur pH est en cours de diminution et n'est pas encore stabilisé. En revanche, les carcasses dont le pH est déjà situé sous le seuil retenu peuvent être considérées comme non problématiques : leur pH ne peut en effet pas remonter par la suite.

Ce délai peut être ramené à dix heures si la carcasse a subi une stimulation électrique efficace<sup>3</sup> en début de chaîne d'abattage, qui permet d'accélérer la chute du pH sans modifier sa valeur ultime (cf. Fiche 2.1 – Le pH de la viande - mécanismes métaboliques). Dans ce cas, il est possible de procéder en deux temps :

- une première mesure de pH six heures après l'abattage permet de trier les carcasses, en détectant environ 95 % de celles dont le pH ultime sera inférieur à 6,0 ;
- les carcasses douteuses (pH supérieur à 6,0 à six heures) doivent faire l'objet d'une seconde mesure quatre heures plus tard.

### OÙ ?

Les mesures de pH peuvent être effectuées directement dans le muscle, sur carcasse ou encore sur quartier, plus rarement après prélèvement musculaire. Dans une carcasse, tous les muscles ne sont pas atteints systématiquement. Chaque muscle réagit différemment à ce phénomène. Le faux-filet (*longissimus dorsi*) fait partie des muscles les plus sensibles, et donc des premiers atteints en cas de problème. C'est donc le muscle de référence pour la mesure du pH de l'ensemble de la carcasse de gros bovin. Ainsi la valeur de son pH permet de détecter presque toutes les carcasses risquant de poser problème, sachant que, dans une carcasse touchée, seule une partie des muscles est à pH élevé.

Lorsque la mesure de pH ne concerne qu'une partie de la carcasse, elle s'effectue :

- pour un quartier arrière : dans le faux-filet (*longissimus dorsi*) à la hauteur de la limite entre la 13<sup>e</sup> côte et la 1<sup>re</sup> lombaire, comme pour la carcasse entière (cf. Figure n° 7) ;
- pour une cuisse : dans le cœur du tendon de tranche (*semi-membranosus*) (cf. Figure n° 8) ;
- pour un quartier avant : dans la noix de basse-côte (*longissimus thoracis*) à la hauteur de la 5<sup>e</sup> côte (cf. Figure n° 9) ;
- dans le muscle concerné, en cas de défaut d'aspect (couleur sombre, aspect collant... cf. Fiche 1.2 Le pH de la viande – Focus sur l'anomalie pH élevé).

### COMMENT ?

La mesure est obtenue en introduisant l'électrode dans le tissu musculaire à une profondeur d'environ 3 cm, après incision au couteau ou grâce à la lame intégrée à l'électrode. Certains

3. Plaquette Interbev, Idele « Traitements électriques en abattoir, atouts et conditions de mise en œuvre », C. Bièche-Terrier, 2018

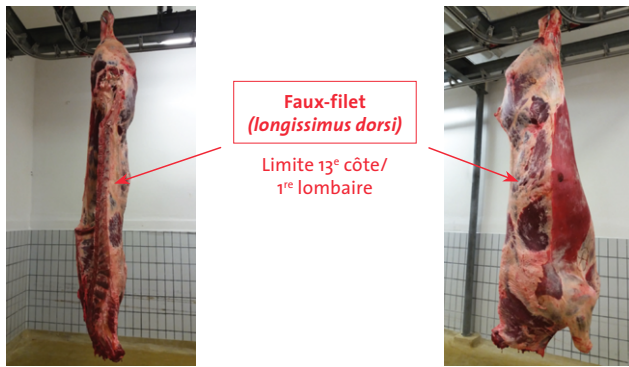


Figure n° 7 : Site de mesure du pH pour la carcasse entière ou le quartier arrière

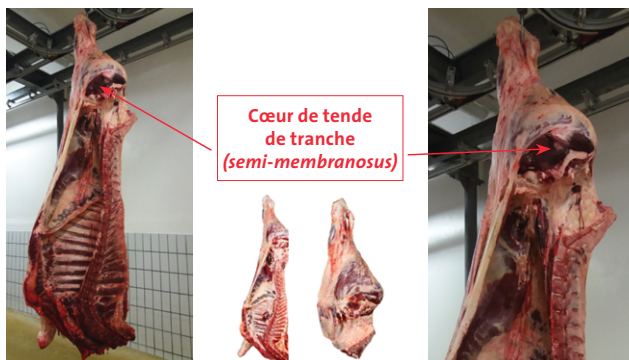


Figure n° 8 : Site de mesure du pH pour la cuisse

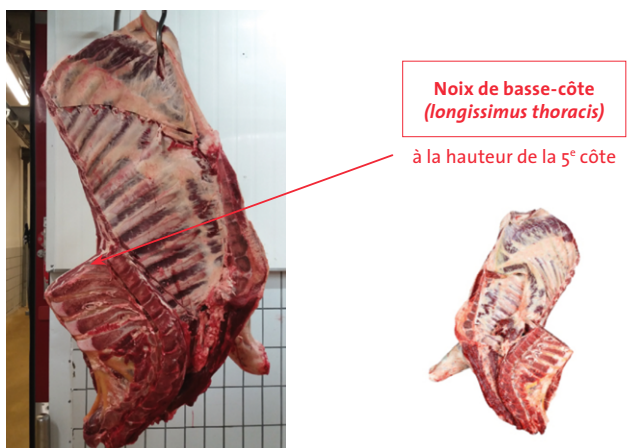


Figure n° 9 : Site de mesure du pH pour le quartier avant

pH-mètres sont équipés d'un indicateur de stabilité, ce qui permet de savoir quand la valeur peut être relevée; en l'absence d'indication, attendre au moins huit secondes. Si une valeur mesurée semble suspecte (très haute ou très basse), procéder immédiatement à une nouvelle mesure exactement au même endroit; la différence doit être inférieure à 0,03 unité pH pour que les mesures soient considérées comme équivalentes lorsque le pH de la carcasse est stabilisé (pH ultime atteint). Si la mesure est toujours suspecte, la renouveler après nettoyage de l'électrode. L'enregistrement de la mesure doit être accompagné des dates et heures auxquelles elle a été réalisée, et si possible, de la température de la carcasse.

### ENVIRONNEMENT DE MESURE

Les perturbations liées à l'environnement sont une source importante d'erreurs de mesure, lors de l'étalonnage ou pendant les mesures. Elles peuvent entraîner une dérive des valeurs obtenues ou une augmentation du temps de réponse de l'électrode. Il peut s'agir de perturbations électromagnétiques (ondes produites par un relai téléphonique, un éclairage au néon situé à moins d'1 mètre, un moteur électrique fonctionnant par intermittence, un téléphone portable, une tablette, etc.).

Les vêtements en tissu synthétique (laine polaire par exemple) génèrent aussi des perturbations électrostatiques (mouvements des bras, contact avec les carcasses, etc.). Ces vêtements ne sont donc pas recommandés car ils peuvent biaiser la mesure. Dans ce cas, il faut changer si possible l'électrode pour la laisser se décharger pendant environ douze heures. Un arrêt momentané des mesures est toujours préférable à la poursuite de mesures erronées.

### RECHERCHE DE MÉTHODES DE DÉTECTION PRÉCOCE DU PH ULTIME

Compte tenu de l'incidence économique des viandes à pH élevé dans la filière bovine et de la contrainte d'attendre plusieurs heures après la mort pour identifier les carcasses à problème, il serait très intéressant pour les entreprises de disposer d'une méthode permettant d'identifier précocement les viandes à pH élevé.

### DÉTECTION PRÉCOCE DU PH ULTIME MESURÉ AU MOYEN DU PH-MÈTRE

Des travaux ont été réalisés (Idele, Interbev, 1993) sur la faisabilité de la détection précoce du pH ultime en entreprise au moyen du pH-mètre. Trois méthodes connues pour provoquer une chute extrêmement rapide du pH ont été testées :

- l'addition d'ions Ca et Mg;
- l'addition d'un tensioactif (« TRITON X-100 »);
- la congélation puis la décongélation;

à partir d'un petit échantillon de viande (3 grammes) prélevé sur la carcasse, dont le pH a ensuite été mesuré au moyen d'un pH-mètre.

Les trois techniques nécessitant une étape intermédiaire offrent de réelles aptitudes à détecter très rapidement le pH ultime: en effet, 95 % des carcasses testées ont été correctement réparties entre les deux lots « normalement acidifié » et « à pH élevé ». Toutefois, seules les deux premières techniques sont compatibles avec une utilisation routinière en abattoir, grâce à une mesure du pH ultime précoce (prélèvement trente à cinquante minutes *post-mortem* et lecture de la valeur dix minutes après ajout de la solution), soit dès le stade de la pesée fiscale. Les conditions de mise en œuvre de ces techniques de détection précoce ont été étudiées: leur automatisation sur ligne d'abattage est parfaitement envisageable.

### MÉTHODES SPECTROSCOPIQUES

L'utilisation de la spectroscopie proche infra-rouge (SPIR) pourrait permettre une mesure précoce du pH ultime: les résultats de cette méthode de mesure indirecte du pH sont encourageants chez le porc, mais les travaux de recherche restent à conduire dans le secteur des gros bovins.

# 2

## MESURE DE LA TEMPÉRATURE DE LA VIANDE

Dans le respect de la réglementation, la réfrigération des carcasses et des viandes poursuit plusieurs objectifs : stabilisation bactériologique, optimisation de la tendreté, limitation des pertes de poids. La surveillance de la cinétique de diminution de la température à cœur est donc primordiale et repose sur l'utilisation d'un thermomètre à sonde adapté et bien entretenu, ainsi que sur le respect du mode opératoire garantissant des mesures fiables.



La réfrigération est un process primordial pour la maîtrise de la qualité microbiologique et sensorielle des viandes (cf. Fiche 1.3 Le muscle et sa transformation en viande, Sous-fiche 3.1.4 Tendreté de la viande et réfrigération).

La mesure de la température à cœur (masses musculaires profondes) permet la vérification ponctuelle de la température d'une carcasse ou la validation de la cinétique de diminution de la température, en lien avec celle du pH (cf. Fiche 4.1 Mesure du pH de la viande).

### LE THERMOMÈTRE À SONDE

Les thermomètres utilisés pour mesurer la température à cœur des carcasses et viandes sont des appareils portatifs peu encombrants et assez simples d'utilisation. Ils sont équipés d'une sonde métallique compatible avec les produits alimentaires, pouvant être introduite en profondeur dans les masses musculaires (cf. Figure n° 1). La mesure de la température est obtenue directement par la mise en contact de cette sonde pénétrative avec l'intérieur du muscle.

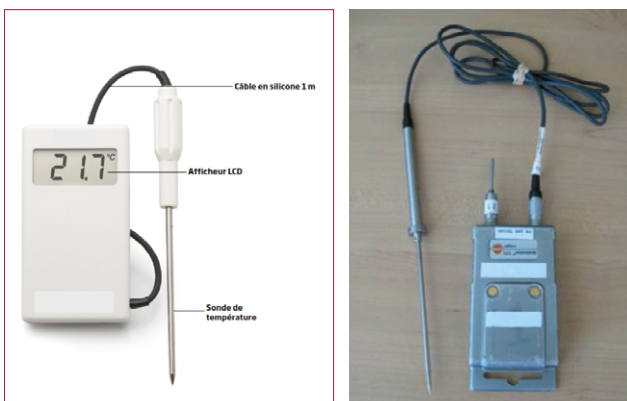


Figure n° 1 : Thermomètre avec sonde de température (à gauche) et thermomètre enregistreur à deux voies en pointe avec sonde de température en pointe et capteur de température d'ambiance (à droite)

Les propriétés de la viande ainsi que l'utilisation en milieu industriel imposent l'emploi d'un matériel spécifique.

Il est conseillé aux entreprises de s'équiper en respectant les caractéristiques suivantes :

- Précision minimum de 0,1 °C ;
- Étendue de mesure allant de -20 °C à +40 °C ;
- Longueur du câble de liaison entre thermomètre et sonde : environ 1 mètre ;
- Appareil pouvant être porté en bandoulière ;
- Sonde de température en pointe pour la pénétration dans la viande, adaptée aux denrées alimentaires solides ou semi-solides (partie thermosensible conçue de façon à assurer un bon contact avec le produit), et d'une longueur suffisante (au moins 10 cm) pour atteindre les masses musculaires profondes.

Le nombre d'appareils équipant chaque site est à raisonner en fonction des volumes d'abattage. Il est important de disposer de matériel « de secours » afin de toujours pouvoir réaliser les mesures.

### ÉTALONNAGE\* DU THERMOMÈTRE

Entre deux vérifications par un organisme agréé (cf. paragraphe suivant), il est conseillé de procéder à un étalonnage du thermomètre au moins une fois par mois.

L'étalonnage (ou calibration) permet d'estimer l'erreur éventuelle du thermomètre, et, en cas de défaut de justesse, de la compenser en appliquant une correction.

Il consiste<sup>1</sup> tout d'abord à mesurer la même grandeur avec le thermomètre à étalonner et un thermomètre étalon (thermomètre de référence, accompagné d'un certificat d'étalonnage), puis comparer les indications des deux instruments pour établir une relation.

Si par exemple, le thermomètre étalon indique 10,5 °C et le thermomètre à étalonner 11,4 °C, alors :  
 $T^\circ \text{ thermomètre} = T^\circ \text{ étalon} + 0,9 \text{ °C}$ .

1. D'après le VIM (Vocabulaire international de la métrologie, 3<sup>e</sup> version, 2012).

L'étalonnage permet ensuite d'effectuer une correction manuelle du résultat lu lors des mesures ultérieures :

$$T^{\circ} = T^{\circ} \text{ lue} + 0,9 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Il est aussi possible d'utiliser la méthode du point de congélation de l'eau<sup>2</sup> :

- Préparer dans un récipient un demi-litre environ de glace pilée ; ajouter de l'eau froide jusqu'en dessous de la surface de la glace puis attendre dix minutes ;
- Prendre la température avec le thermomètre pendant dix secondes au milieu de la glace : la température lue ne doit pas s'écarter de plus de  $\pm 1$  °C par rapport à 0 °C (point de congélation) ;
- Si la mesure est conforme, valider le thermomètre ;
- Enregistrer le résultat sur le document de maintenance, calculer la différence de lecture par rapport à 0 °C ;
- Inscrive cette différence sur une étiquette collée sur le thermomètre, ce qui permettra la correction de la lecture lors des prises ultérieures de température.

Si la mesure est jugée non conforme (dépassement de l'EMT - erreur maximale tolérée - se référer au manuel du fabricant), le thermomètre doit être vérifié par un organisme agréé (cf. paragraphe suivant).

## VÉRIFICATION DU THERMOMÈTRE

La vérification d'un thermomètre permet d'apporter la preuve que l'erreur de mesure reste inférieure à l'EMT<sup>3</sup>.

La vérification est assurée par un organisme agréé, fournissant un certificat d'étalonnage et une vignette apposée sur le matériel. Si le résultat de la vérification est conforme, le thermomètre est remis en service ; dans le cas contraire, la vérification peut être suivie d'un ajustage, d'une réparation, d'un déclassement ou d'une réforme du matériel.

Il est conseillé de faire vérifier le matériel périodiquement (tous les deux ans pour les trois premières vérifications, puis annuellement<sup>4</sup>), et systématiquement à la suite d'une période de non-utilisation d'une durée inhabituelle, à la suite d'un incident de fonctionnement ou d'une détérioration.

## NETTOYAGE/DÉSINFECTION DE LA SONDE DU THERMOMÈTRE

La sonde du thermomètre doit être nettoyée et désinfectée :

- avant chaque série de mesures, à l'aide d'eau chaude savonneuse ou à l'aide de solutions appropriées, selon les recommandations du fabricant ;
- après chaque mesure (d'une carcasse à la suivante), en la désinfectant avec une lingette pré-imbibée ou imprégnée d'une solution appropriée ;
- à l'issue de chaque série de mesures, à l'aide d'eau chaude savonneuse ou à l'aide de solutions appropriées, selon les recommandations du fabricant.

## STOCKAGE DU THERMOMÈTRE

Il est recommandé de stocker le thermomètre à une température proche de celle des mesures à effectuer (local de ressuage ou stockage par exemple), en le protégeant des vibrations et des chocs.

## RÉALISATION DE LA MESURE DE TEMPÉRATURE

### QUAND ?

La mesure de la température est effectuée de manière périodique de façon à vérifier la cinétique de refroidissement des carcasses, ou pour des contrôles ponctuels de la température de certaines pièces de viande à différents moments : fin du processus de ressuage, stockage, transport, etc. Ceci permet de vérifier la conformité aux exigences réglementaires ou aux consignes des entreprises à des étapes données.

### OÙ ?

Les mesures de température sont effectuées directement dans le muscle, sur carcasse ou sur quartier, aux points réputés les plus chauds. Chez les gros bovins, la mesure de la température s'effectue :

- Pour une **carcasse entière** ou un **quartier arrière** : dans le faux-filet (*longissimus dorsi*) à la hauteur de la 13<sup>e</sup> côte/1<sup>re</sup> lombaire, comme pour la mesure du pH (cf. Figure n°2),

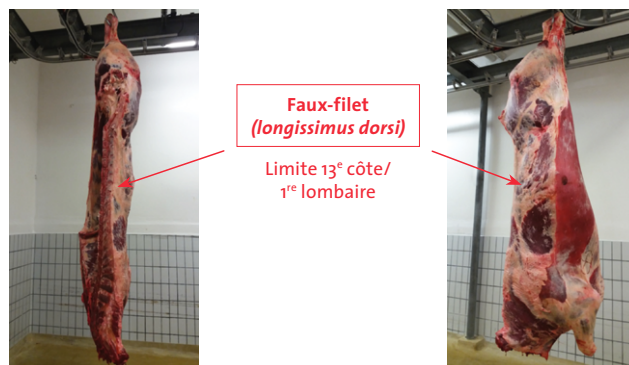


Figure n° 2 : Site de mesure de la température pour la carcasse entière ou le quartier arrière

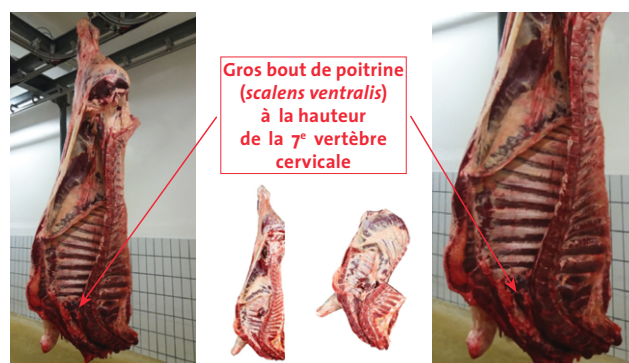


Figure n° 3 : Site de mesure de la température sur le quartier avant de la carcasse

2. Agence canadienne - Procédures d'étalonnage des instruments couramment utilisés par les inspecteurs de l'ACIA ; <https://www.energieplus-lesite.be> - Étalonner un thermomètre.

3. D'après le VIM (Vocabulaire international de la métrologie, 3<sup>e</sup> version, 2012).

4. Décret du 3 mai 2001 modifié relatif au contrôle des instruments de mesure.



- Pour un **quartier avant** : dans le gros bout de poitrine (*scapula ventralis*) à la hauteur de la 7<sup>e</sup> vertèbre cervicale (cf. Figure n°3).

Pour un muscle particulier, la mesure se fait en plongeant la sonde de pénétration de façon à ce que la pointe arrive au milieu de l'épaisseur du morceau, pour obtenir la température à cœur.

### COMMENT ?

Après avoir pris connaissance du mode d'emploi, vérifier que le thermomètre est en état de marche (niveau de charge des piles, absence de message aberrant) et qu'il a été vérifié et étalonné (cf. paragraphe *Vérification et étalonnage du thermomètre ci-dessus*).

S'il n'est pas possible de stocker le thermomètre à une température proche de celle des carcasses ou viandes à mesurer, il est conseillé de le stabiliser thermiquement en le plaçant au minimum quelques minutes dans le local de prise de mesure. Désinfecter la sonde avant chaque série de mesures. Procéder à la mesure en dehors de toute influence électrique externe qui pourrait la fausser (téléphone portable par exemple).

La mesure est obtenue en introduisant la sonde dans le tissu musculaire, généralement sans incision préalable (selon les instructions du fabricant), à une profondeur d'une dizaine de

centimètres, ce qui permet au capteur d'accéder aux masses musculaires profondes. La lecture se fait après stabilisation de la mesure (en général quelques secondes) et éventuellement correction par retrait de la différence obtenue lors de l'étalonnage rapide (cf. paragraphe *Vérification et étalonnage du thermomètre ci-dessus*).

S'il est nécessaire de confirmer la mesure, réaliser plusieurs mesures sur la même carcasse en procédant par échantillonnage aux points réputés les plus chauds, et confronter les résultats, car des différences sensibles de température peuvent en effet exister à quelques centimètres d'écart.

## MAINTENANCE DU THERMOMÈTRE

La maintenance recouvre le suivi et l'entretien du matériel, c'est-à-dire son cycle de vie : date de mise en service, durée de garantie, date de remplacement des piles et du câble, pannes éventuellement rencontrées, suivi des étalonnages et vérifications réalisés.

La maintenance régulière du thermomètre associée au respect rigoureux du mode opératoire garantit la fiabilité des mesures, qui suppose également une formation adéquate et régulière du personnel chargé de leur réalisation.

# 3

## ÉVALUATION SENSORIELLE APPLIQUÉE À LA VIANDE

L'évaluation sensorielle permet, grâce aux différentes démarches et tests réalisables, d'évaluer les caractéristiques sensorielles intrinsèques de la viande : la tendreté, la jutosité, la flaveur ou encore la couleur.



### QUELQUES GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

La satisfaction des consommateurs est directement liée aux qualités sensorielles de la viande perçues lors de la dégustation. Ces qualités sensorielles correspondent à la couleur, à la tendreté et à la flaveur, cette dernière étant définie par la sensation provoquée conjointement par les saveurs (par exemple salé), les odeurs, les arômes (par exemple la noisette) et les sensations (par exemple le chaud, le fondant, etc.) dégagés du produit lors de la mastication.

La filière viande bovine s'intéresse donc à l'évaluation sensorielle et à la mesure de l'impact des facteurs zootechniques et biologiques (race, âge, alimentation des animaux, etc.) ou technologiques (refroidissement, maturation des carcasses, etc.) sur les caractéristiques gustatives des viandes.

L'évaluation sensorielle est une méthode directe permettant de décrire les propriétés sensorielles d'un produit et de caractériser la perception des consommateurs. Elle fait appel à un jury de dégustateurs de façon à évaluer les propriétés sensorielles de la viande et à étudier les préférences ou aversions des consommateurs. C'est une méthode de référence, bien que lourde à la mise en œuvre.

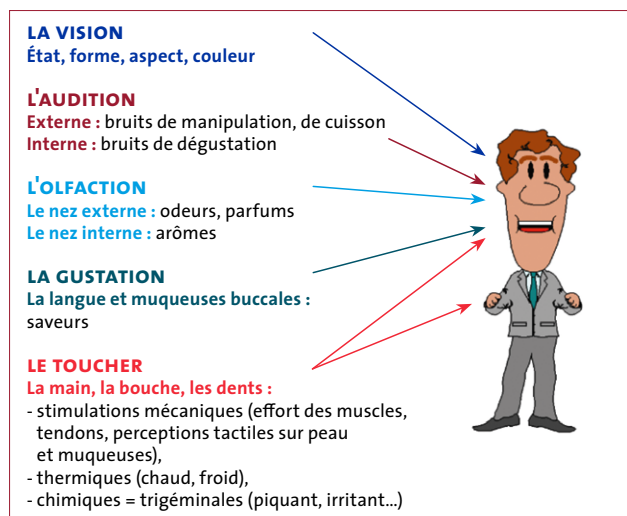


Figure n° 1 : Les cinq sens utilisables en évaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle fait appel aux cinq sens. Lors de l'acte d'achat de la viande, la vue intervient en premier. Ensuite sont mobilisés l'odorat, notamment pour la flaveur, et le toucher principalement à travers la bouche pour évaluer la tendreté lors de la mastication. Le goût permet l'appréciation de la flaveur du produit. Louïe est, quant à elle, peu mobilisée pour la viande (cf. Figure n° 1).

### LES SPÉCIFICITÉS DE L'ÉVALUATION SENSORIELLE DU PRODUIT VIANDE

De nombreux facteurs ont une influence sur la qualité du produit final à la dégustation. Ils concernent le produit en lui-même et la mise en œuvre de l'évaluation sensorielle.

#### • La viande, un produit hétérogène par nature

De nombreux paramètres sont responsables de l'hétérogénéité de la viande et influent sur le produit proposé au consommateur : le muscle anatomique, voire même la partie du muscle choisie, puis la catégorie, la race ou le type racial, l'âge de l'animal, le système de production.

#### • Particularités de mises en œuvre de l'évaluation sensorielle sur la viande

L'évaluation sensorielle de la viande présente également des contraintes pratiques de mise en œuvre.

L'utilisation de l'évaluation sensorielle nécessite de bien définir l'objectif visé au risque de ne pas être satisfait par les résultats obtenus.

##### • Échantillonnage

L'échantillonnage, prenant en compte le choix des animaux et le choix du muscle, doit permettre de représenter un type de viande précis. Le nombre d'échantillons étudié doit être suffisant pour permettre l'exploitation des résultats<sup>1</sup>.

##### • Prélèvement

Le prélèvement de viande est destructeur et induit des coûts pour l'entreprise. Les conditions d'élaboration du produit doivent également prendre en compte la découpe, le parage et la présentation de la viande, la maturation, etc. Ces facteurs ont un rôle primordial sur le résultat final. Toutes ces caractéristiques doivent être préalablement définies pour réaliser de l'analyse sensorielle sur les viandes.

1. Norme Afnor ISO 3435 - octobre 2006. Échantillonnage - Méthodes statistiques.

- Cuisson

La préparation de la viande par l'expérimentateur est importante. À l'exception de la viande consommée crue, la cuisson est obligatoire et son mode choisi modifie, par exemple, radicalement la texture et la flaveur de la viande. La dégustation de la viande doit se faire sur des produits présentant une température homogène. Cela nécessite une bonne organisation de l'expérimentateur<sup>2</sup>.

Les modes de cuisson les plus utilisés par les consommateurs pour la préparation des morceaux nobles sont le rôti (cuisson au four) et le grillé (cuisson par contact). Ils sont donc préférentiellement proposés en évaluation sensorielle.

Enfin, dans la majorité des cas, les produits sont congelés afin de maîtriser la maturation et de pouvoir comparer des produits simultanément. Dans la mesure où les étapes de congélation et de décongélation ont bien été maîtrisées<sup>3</sup>, il n'y a pas d'impact significatif sur le résultat d'analyse.

L'ensemble de ces critères doivent être définis selon l'objectif recherché par l'évaluation sensorielle, et maîtrisés de façon à standardiser au maximum la préparation des échantillons à déguster.

## APPROCHE COMPARATIVE OU MONADIQUE ?

On distingue habituellement la présentation **comparative** des produits, de la présentation monadique visant à étudier un ou des produit(s) dans l'absolu, sans comparaison entre eux.

- **Approche comparative**

L'approche comparative a pour objectif de comparer plusieurs produits simultanément : elle est surtout indiquée si les écarts suspectés sont faibles et pour un petit nombre de descripteurs et de produits. Le résultat attendu étant avant tout un classement ou des écarts, le résultat de chaque échantillon dépend partiellement de celui des autres. Il peut exister un risque de surdimensionnement des écarts et le dispositif expérimental est parfois complexe, par exemple pour équilibrer les comparaisons deux à deux lorsque quatre ou cinq produits sont étudiés.

- **Approche monadique**

À l'inverse, le principe de l'approche monadique est d'apprécier un seul produit à la fois selon les descripteurs retenus (par exemple la tendreté et la jutosité). Les résultats pourront, par exemple, permettre de positionner le produit selon les références retenues (par exemple : produit non tendre et peu juteux). Différents produits peuvent ainsi être testés mais séparément. En l'absence d'autres produits dégustés, la dégustation se fait selon la mémoire de chaque juge, et par conséquent il convient d'augmenter le nombre d'évaluations par échantillons, soit en augmentant le nombre de juges soit à nombre de juges identique en multipliant le nombre de séances.

L'approche monadique est utilisée, par exemple, pour décrire des produits ou établir des liens avec des mesures instrumentales, car les résultats de chaque échantillon sont considérés comme valables dans l'absolu, indépendamment de ceux des autres.

En plus de ces deux approches, on distingue la démarche analytique et la démarche hédonique.

## MÉTHODE ANALYTIQUE OU HÉDONIQUE ?

### GÉNÉRALITÉS

Deux approches sont distinguées en fonction des objectifs recherchés :

- la démarche **analytique**<sup>4</sup> est réalisée par un jury d'experts entraînés. Elle permet de mesurer spécifiquement une ou plusieurs propriété(s) perceptible(s) d'un produit de façon à obtenir une perception qualitative (nature du stimulus) et quantitative (intensité du stimulus) de ce produit ;
- la démarche **hédonique** faisant appel à un jury de consommateurs naïfs, au sens de non entraînés, qui se rapporte, par opposition à la démarche analytique, au caractère plaisant ou déplaisant d'un produit. Elle comporte des essais portant sur l'approche affective du dégustateur sur le produit. La finalité est donc de mesurer le niveau d'appréciation et la préférence entre les produits.

### LA MÉTHODE ANALYTIQUE

La méthode analytique permet la mesure, le suivi dans le temps, la comparaison et le contrôle de la qualité sensorielle d'un produit, en comparaison à une référence implicite ou à un témoin, ou de plusieurs produits, par comparaison entre eux. Elle décrit une perception liée à la présence d'une propriété, d'une intensité, d'une différence.

Cette démarche fait appel à des jurys de dégustateurs fonctionnant comme un instrument de mesure de la qualité sensorielle, d'effectif limité (autour de dix à vingt personnes), entraînés et contrôlés.

On distingue ainsi :

- le jury initié : personnes ayant déjà participé à un essai du même type ;
- le jury qualifié : personnes choisies sur leurs capacités, entraînées et contrôlées ;
- le jury expert : personnes qualifiées, sélectionnées pour leur excellente acuité sensorielle, entraînées spécifiquement sur le produit et contrôlées (précision et constance des performances dans le temps).

Les juges sont sélectionnés sur leur capacité à comprendre la signification des descripteurs, sur leur aptitude à les évaluer, à détecter des différences minimales, c'est-à-dire avec un seuil de détection supérieur à celui d'un consommateur non averti. Ils ne représentent aucune population de consommateurs et ne doivent pas être questionnés sur des aspects hédoniques.

2. Norme Afnor NF V 09-005 - Analyse sensorielle – Méthodologie – Directives pour la préparation d'échantillons pour lesquels l'analyse sensorielle directe n'est pas possible.

3. Pour aller plus loin : Congélation et qualité de la viande. Inrae – collection Techniques et pratiques (2000).

4. On appelle analyse sensorielle uniquement la démarche analytique, tandis que l'évaluation sensorielle fait référence plus globalement à la démarche analytique et hédonique.

Cette démarche analytique donne un résultat objectif indépendamment des juges et du moment de réalisation, qui devra être analysé statistiquement. Les tests d'analyse sensorielle doivent être réalisés en laboratoire, en conditions contrôlées, spécifiées dans des normes Afnor<sup>5</sup> dédiées à ces pratiques : chaque juge est isolé des autres dans une cabine, sans perturbation extérieure (bruit, odeurs, etc.) et sous une luminosité adaptée.

### Différents types d'essais

Il existe plusieurs essais d'analyses sensorielles : les essais discriminatifs et les essais descriptifs. Le choix de l'orientation vers l'un ou l'autre type d'essai repose sur la connaissance préliminaire d'une différence de caractéristique sensorielle perceptible entre les produits.

#### ● Essais discriminatifs

En l'absence de différence connue entre les produits, on s'orientera vers des essais discriminatifs. Leurs objectifs sont donc de savoir s'il existe des différences sensorielles ou des similitudes significativement perceptibles entre produits.

Dans le cas où les éventuelles différences sensorielles ne sont pas connues de l'expérimentateur, les méthodes applicables sont simples de mise en œuvre mais elles ne permettent pas de quantifier ni même d'identifier les différences perçues. Ce sont par exemple les épreuves triangulaires, duo-trio, A-non A. Ces épreuves restent peu utilisées pour de la viande en raison de la variabilité d'origine animale.

Dans les cas où des premiers essais discriminatifs ont permis d'identifier une différence sensorielle, différentes épreuves peuvent être utilisées pour classer les produits suivant les caractéristiques sensorielles. Ce sont les épreuves de classement (cf. Figure n° 2) ou d'évaluation.

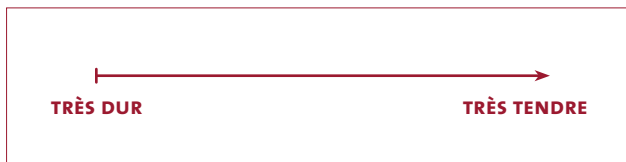


Figure n° 2 : Exemple de classement de l'évaluation de la tendreté

#### ● Essais descriptifs

À l'inverse, si l'existence d'une différence entre les produits est connue, sans forcément connaître sa nature, des essais descriptifs pourront être appliqués. Ainsi, un ou plusieurs produits peuvent être évalués selon plusieurs caractéristiques sensorielles données, à travers par exemple des échelles de notation. On parle alors de profil sensoriel (cf. Figures n° 3 et 4).

#### ● Essais alternatifs : Tri et Mapping

Des essais alternatifs existent. Les essais de tri consistent à trier les échantillons en plusieurs groupes suivant leurs ressemblances, tandis que les essais de Mapping positionnent les différents produits sur une carte à deux dimensions. Plus les échantillons sont différents et plus ils sont éloignés sur la carte. Les dégustateurs peuvent, lors de ces tests, juger directement des différences/ressemblances entre les produits. Une tâche de verbalisation peut être ajoutée.

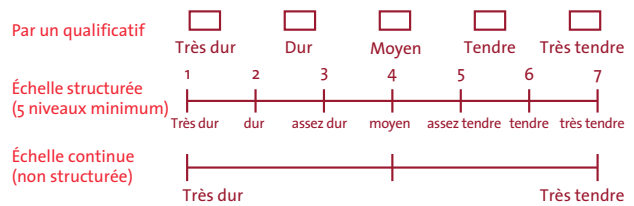


Figure n° 3 : Exemple de notation de la tendreté

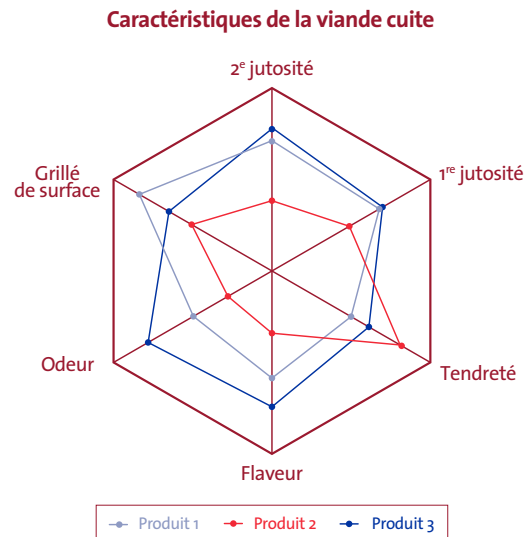


Figure n° 4 : Présentation « en radar » du profil sensoriel de trois produits

#### ● Descripteurs courants de la viande

La description des descripteurs courants de la viande peut être effectuée sur le produit cru ou après cuisson.

#### Avant la dégustation, sur produit cru

La **couleur de la viande** peut être évaluée en surface et à cœur, et est caractérisée par :

- Son intensité, liée à la quantité de pigments : rosée, rouge clair, rouge vif, rouge sombre, etc. ;
- Son aspect normal ou anormal : par exemple, une viande à pH élevé sera de couleur sombre et une viande exsudative sera à l'inverse claire, résultant du processus d'acidification (cf. Fiche 2.1 – Le pH de la viande : focus sur l'anomalie « pH élevé ») ;
- La présence éventuelle d'altérations : couleur brune, verte, homogène ou sous forme de taches, etc., conséquences d'évolutions de la forme chimique du pigment (cf. Fiche 3.2 Couleur de la viande).

La **couleur du gras** peut également être décrite :

- au travers de son intensité (blanc, blanc cassé, blanc nacré, jaune, etc.) ;
- par d'éventuelles altérations.

L'**aspect du morceau** peut être décrit à partir de la répartition du gras, de la taille des fibres, de sa **forme**, par ses dimensions et par la qualité de la coupe.

5. Par exemple la norme NF ISO 6 658 de janvier 2006 concernant la méthodologie générale ou encore la NF V09-501, d'avril 2001, pour le Guide général de l'analyse sensorielle.

### Avant la dégustation, sur produit cuit

La **couleur de la viande** peut également être évaluée en surface et à cœur sur produit cuit : rose, rouge-à-cœur, gris-rose, gris, doré-brun, doré, brun sombre, brun noir, brun-doré, etc.

L'**odeur** peut être caractérisée par :

- Son intensité : fade, ténue, légère, soutenue, intense, puissante, etc. ;
- Sa qualité : simple ou complexe ; lactée, animale, grasse, grillée, caramélisée, etc. ;
- Sa typicité : typique ou non de l'espèce bovine.

### Au cours de la dégustation

La **texture** d'une viande est liée à :

- Sa tendreté, définie par l'aptitude de la viande à se laisser mastiquer, puis déglutir. Les critères de qualifications sont : dure, ferme, élastique, souple, fondante et moelleuse. L'objectif de tendreté recherché est une viande la plus tendre possible ;
- Sa jutosité, initiale (quantité de jus s'écoulant dans la bouche aux premières mastications) et finale (liée à la salivation engendrée par le gras intramusculaire du morceau, après mastication) : faible, abondante, prolongée ou non...

Pour la **flaveur**, ensemble complexe de sensations gustatives (saveurs), olfactives (arômes), et trigéminales (perceptions chimiques, thermiques, tactiles), les descripteurs couramment utilisés sont en lien avec :

- Son intensité : fade, ténue, légère, soutenue, intense, puissante, etc. ;
- Sa qualité : simple ou complexe ; lactée, animale, grasse, grillée, caramélisée, etc. ;
- Sa typicité : typique ou non de l'espèce bovine.

### Après la dégustation

Il est possible, après la dégustation, de chercher à décrire la **persistance des sensations de flaveur** (longueur, brièveté, épanouissement, etc.) ou des **perceptions tactiles** (sensation de gras, risque de saturation, etc.).

### LA MÉTHODE HÉDONIQUE

L'objectif de la méthode hédonique est la mesure, la comparaison, le suivi dans le temps et le contrôle de la qualité hédonique d'un produit. Elle décrit l'appréciation, l'intérêt ou encore la réaction affective que portent les consommateurs sur un produit, sur la base de ses propriétés sensorielles.

La qualité hédonique est ainsi entièrement associée à l'appréciation faite par les consommateurs et n'est jamais attribuable au seul produit : un produit est bon ou mauvais pour un sujet ou un groupe de sujets, dans un contexte déterminé et à un moment donné, mais non en lui-même sur le plan de ses caractéristiques sensorielles.

La démarche hédonique fait appel à un jury de consommateurs servant à l'approche de l'opinion d'une population cible. Les juges sont des personnes non entraînées, dites naïves, qui doivent formuler des réponses spontanées. Leur nombre est variable selon la population à représenter et le type d'information souhaité, et est souvent de l'ordre d'une centaine de personnes, avec un minimum recommandé de soixante consommateurs par objectif, pour obtenir une représentativité statistique suffisante. Des paramètres sont obligatoirement pris en compte pour décrire la population recher-

chée (sexe, âge, catégorie socio-professionnelle, région ou pays, etc.), pouvant rendre le recrutement des juges parfois complexe.

La méthode hédonique est caractérisée par les points suivants :

- Il n'est pas possible d'affirmer que tel produit est « meilleur » qu'un autre mais plutôt que tel produit est préféré par un certain pourcentage de telle population. Les résultats obtenus le sont donc sous forme de fréquence et non de moyenne ;
- Les résultats sont à remettre en cause régulièrement, au gré de l'évolution des goûts des consommateurs.

Les résultats sont ainsi dépendants des juges et du moment de réalisation de la dégustation, sans oublier l'éventuelle évolution des caractéristiques des produits étudiés dans le temps. Ainsi, par exemple, la génétique peut modifier en quelques décennies le profil des animaux dont les viandes sont analysées. Les résultats sont donc ensuite analysés statistiquement.

### Types d'essais

En fonction des objectifs souhaités, on distingue les différents types d'essais :

- L'essai de préférence par comparaison par paires, qui permet de déterminer une préférence entre deux produits présentés de façon simultanée. Cet essai permet de répondre aux questions du type « Lequel préférez-vous ? », « Lequel est le plus acceptable ? » ou encore « Lequel aimez-vous le plus ? » ;
- L'essai de préférence par classement détermine une différence entre des produits et les classe sans estimer l'importance des différences sensorielles. Une question du type « Classez les produits selon votre préférence » fait référence à cet essai ;
- L'essai de notation hédonique évalue l'importance relative des préférences entre les produits et permet également de préciser le degré de plaisir, ou de déplaisir, ressenti par le consommateur lors de la dégustation. Cet essai répond à, par exemple, « Évaluez l'importance du plaisir que vous procure(nt) ce ou ces produit(s) sur l'échelle proposée ». Ainsi, différents types d'échelles sont réalisables pour y répondre (cf. Figure n° 5).

Il est possible de réaliser, en complément d'une démarche hédonique, des analyses physico-chimiques. Elles vont ainsi permettre de caractériser et de relier les résultats collectés lors de la dégustation à des données (par exemple la teneur en fer ou encore en acides gras de la viande, etc.).

Les essais hédoniques peuvent être réalisés en laboratoire mais également à domicile. Dans ce dernier cas, des consignes écrites sur le mode de préparation du produit sont alors fournies. Les essais réalisés à domicile présentent l'avantage de libérer du temps aux opérateurs. Appliqués à la dégustation de viande, ces essais représentent cependant quelques inconvénients. Une preuve de cuisson de la viande est demandée au consommateur, à travers une photo par exemple. De plus, la probabilité d'absence ou de perte de réponse des dégustateurs est accrue, ce qui impose de solliciter un plus grand nombre de personnes au départ. Enfin, les morceaux de viande à déguster sont distribués sous

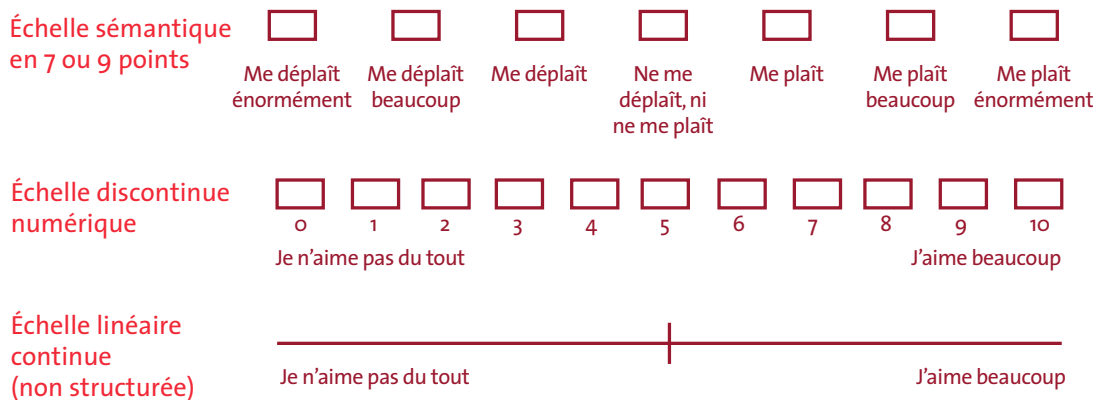


Figure n° 5 : Exemples d'échelles de notation hédonique

forme congelée, d'où de possibles biais liés aux méthodes de décongélation employées.

Malgré ces limites, la dégustation à domicile présente l'avantage de se rapprocher de l'environnement quotidien et des pratiques réelles des consommateurs.

Des approches intermédiaires existent également, avec des mises en situation en laboratoire d'analyse sensorielle : projections d'images, locaux aménagés pour représenter un environnement de dégustation familial, utilisation de casques de réalité augmentée... Les travaux sont nombreux sur ces nouvelles perspectives.

### L'ajout de condiments

Il est possible d'ajouter des condiments à la viande. Cependant, lorsque l'ajout est réalisé par la préparatrice en amont, la dégustation relève alors de la subjectivité de l'appréciation de l'assaisonnement de la viande par le consommateur. Une solution peut être de mettre à disposition des condiments dans les box des consommateurs. Dans ce cas, chacun déguste la viande préparée à son goût, qui n'est pas forcément le même que celui du voisin. Cette façon de procéder rapproche des pratiques habituelles des consommateurs, mais ajoute un facteur de variation au dispositif étudié. La question se pose de savoir si elle est susceptible de masquer certaines sensations. Des travaux sont à conduire sur ce point.

### MÉTHODES D'APPROCHE INDIRECTES DE LA QUALITÉ SENSORIELLE

La qualité organoleptique peut également être approchée par des mesures instrumentales. Elles reposent sur des méthodes physiques (colorimétrie, rhéologie, etc.) pour rendre compte des propriétés de la viande, ou sur des méthodes chimiques pour doser certains constituants (fer héminique, collagène, gras, etc.).

Les mesures instrumentales présentent les avantages d'avoir recours à un faible nombre d'échantillons et de ne mobiliser qu'un seul opérateur (cf. Figure n° 6). Cependant les méthodes de mesure indirectes ne restent qu'indicatrices des perceptions sensorielles, abordant bien souvent celles-ci sous un

angle partiel. Les mesures les plus courantes sont les suivantes :

- La force de cisaillement de Warner-Bratzler apprécie la composante conjonctive de la dureté, en particulier des échantillons maturés (cf. Sous-fiche 3.1.10 *Mesure et méthodes prédictives de la tendreté de la viande*) ;
- Le dosage des teneurs en collagène total et insoluble rend compte de la dureté de base des muscles au moment de l'analyse. Cependant, il ne prend pas en compte les myofibrilles qui évoluent au cours de la maturation influençant largement la tendreté perçue en bouche des muscles à cuisson rapide ;
- Le dosage en fer héminique d'une viande permet d'approcher une des composantes de sa couleur : le niveau de pigmentation. Il ne donne cependant pas d'information sur la composition chimique du pigment, qui modifie largement l'impression colorée selon son état d'oxydoréduction (cf. Fiche 3.2 *Couleur de la viande*).

Ces mesures instrumentales physiques et/ou chimiques ne peuvent donc pas se substituer à l'analyse sensorielle par le jury d'experts ; elles viennent la compléter.

MESURES SENSORIELLES	MESURES INSTRUMENTALES
+ Directes	Indirectes
+ Très sensibles (odeurs...)	Plus ou moins sensibles suivant le détecteur
+ Peuvent se réaliser partout	Nécessitent parfois un matériel coûteux
- Nécessitent beaucoup de produits (toujours destructifs)	De petits échantillons suffisent en général
- De nombreux juges sont nécessaires	Un opérateur suffit
- Les produits doivent être sains	Le contrôle de la toxicité des produits n'est pas indispensable
- Souvent, la viande doit être cuite	Souvent réalisables sur viande crue

Figure n° 6 : Comparaison des méthodes sensorielles et instrumentales pour évaluer les qualités organoleptiques de la viande

### L'ÉVALUATION SENSORIELLE : UN OUTIL DE PLUS EN PLUS UTILISÉ

Seule l'analyse sensorielle permet de rendre compte des perceptions en bouche : c'est la méthode de référence, même si elle est sujette à un certain nombre de biais et doit donc être utilisée avec une grande rigueur. Le recours à l'analyse sensorielle s'est imposé depuis de nombreuses années pour évaluer les produits présentés sous forme d'UVC. L'évaluation sensorielle est également pleinement intégrée dans les cahiers des charges des produits sous labels, comme le Label rouge, dans lesquels des tests réguliers de suivi de la qualité organoleptique sont prévus au plan de contrôle.

Enfin, il est fait recours à l'évaluation sensorielle pour la formulation d'un produit, le contrôle de sa conformité ou de sa qualité, la comparaison de différents produits ou encore la caractérisation des réactions des consommateurs.

#### Pour en savoir plus :

- Évaluation sensorielle – Guide de bonnes pratiques, ACTIA (2014)
- Recueil de normes – Analyses sensorielle, Afnor (2014)
- Analyses sensorielles, programme 133, Cofrac (1994)
- Évaluation sensorielle – Manuel méthodologique, Lavoisier (2009)
- Congélation et qualité de la viande, Inrae – Techniques et pratiques (2000).

---

# GLOSSAIRE

---

**Le glossaire propose des définitions aux termes techniques rencontrés dans le recueil et signalés par une astérisque (\*).**



**Affranchir** : Travail de la viande qui consiste à séparer puis orienter spécifiquement les différentes parties d'un même muscle en fonction de leur potentiel de tendreté. La notion d'affranchi est définie plus largement dans le Code des usages des matières premières destinées aux produits élaborés.

**Attendrissement** : Technique visant à augmenter la tendreté de la viande. L'attendrissement peut être naturel, grâce à la maturation, ou mécanique ou chimique. Il est pratiqué sur les muscles ou sur les pièces (steaks, rôtis...).

**Bordage** : Couche brune visible lors du tranchage du muscle. Le bordage s'explique par une accentuation de la pénétration de l'oxygène dans le muscle, oxydant le pigment du muscle, la myoglobine. Ce phénomène résulte de l'absence de protection du muscle en surface pendant un certain temps, et/ou d'un taux de diffusion de l'oxygène plus important au niveau musculaire.

**Bouverie** : Bâtiment destiné aux logements des bovins (d'après Larousse.fr). Appliquée aux abattoirs, la bouverie correspond au lieu d'attente des bovins avant la tuerie.

**Catalyseur** : Substance qui augmente la vitesse d'une réaction chimique sans paraître participer à cette réaction (d'après Larousse.fr). Dans le cas de la maturation des viandes, la présence d'ions calcium augmente l'activité d'une enzyme protéolytique : la calpaïne (Cf. *Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté*).

**Catégorie de bovins** : Classification des bovins suivant leur sexe et leur âge suivant le règlement (UE) n° 1308/2013. Ainsi, on distingue le bœuf (mâle castré d'au moins 12 mois, catégorie C), le jeune bovin (mâle non castré d'au moins 12 et de moins de 24 mois, catégorie A), la génisse (femelle d'au moins 12 mois n'ayant pas vêlé, catégorie E), la vache (femelle d'au moins 12 mois ayant vêlé, catégorie D), et le taureau (mâle non castré d'au moins 24 mois, de catégorie B). Enfin, le veau concerne les mâles et les femelles de moins de 8 mois et correspond à la catégorie V. Les animaux entre 8 et 12 mois sont également appelés jeunes bovins mais sont de catégorie Z.

**Catégoriel** : Circuit commercial où les carcasses sont découpées et désossées par catégorie de morceaux sans référence directe aux carcasses dont elles proviennent. Ce circuit ne concerne qu'une partie des morceaux d'une même carcasse en même temps.

**Centre de rassemblement** : D'après l'article R-233-3-1 du CRPM « tout emplacement où sont rassemblés des animaux issus de différentes exploitations en vue de la constitution de lots d'animaux destinés aux échanges intracommunautaires, à l'exportation vers des pays tiers ou à l'expédition sur le territoire national. Ne sont pas compris dans cette définition les exploitations d'élevage, les lieux d'exposition ou de manifestations sportives ou culturelles et les établissements d'abattage ».

**Classificateur** : En abattoir, personne formée et suivie par NORMABEV pour classer la conformation et l'état d'engraissement des carcasses selon le système EUROP.

**Collagénase** : Groupe d'enzyme appartenant aux protéases dégradant les protéines de collagènes spécifiquement (Cf. *Sous-fiches 3.1.8 Tendreté et attendrissement mécanique et 3.1.9 Tendreté et cuisson de la viande*).

**Collagène** : Principal constituant du tissu conjonctif, le collagène forme un réseau plus ou moins dense de fibres protéiques résistantes et peu solubles. Le collagène confère

au muscle sa dureté de base par son taux et sa solubilité : la viande est d'autant plus dure que le taux de collagène est important et que le collagène est insoluble. Le taux de collagène d'un muscle définit par conséquent sa destination culinaire, les muscles à cuisson rapide étant peu riches en collagène à l'inverse des muscles à cuisson lente.

**Compensé (ou reconstitué)** : Circuit commercial où les carcasses sont découpées, désossées, conditionnées puis regroupées individuellement, le plus souvent dans un chariot, avant d'être expédiées au client.

**Conduite d'élevage** : Ensemble de pratiques et de techniques réalisés par l'éleveur visant à atteindre les objectifs souhaités de production. Par exemple suivant l'âge souhaité d'envoi à l'abattage, la phase d'engraissement des bovins peut différer sur la nature de la ration distribuée, la période d'engraissement, la durée, etc.

**Conformation** : Classement du développement musculaire d'une carcasse selon la grille communautaire établie par le règlement n° 1308/2013, complété du règlement délégué (UE) n° 2017/1182. En France, elle comporte cinq classes : E : excellente, U : très bonne, R : bonne, O : assez bonne, P : médiocre.

**Cryochoc ou contracture au froid** : Phénomène qui se produit quand la température à l'intérieur du muscle descend en-dessous de 10°C alors que le pH est encore supérieur à 6, et qu'il reste encore assez d'énergie dans le muscle pour d'éventuelles contractions sous l'effet du froid. Le potentiel de tendreté du muscle peut être irréversiblement altéré car les fibres musculaires entrent en rigidité cadavérique à l'état contracté.

**Culard** : Phénotype de certains bovins caractérisé par une hypertrophie musculaire des membres arrières. Les bovins dits culards, sélectionnables à grâce au gène *mh*, possèdent des aptitudes bouchères supérieures, au détriment des aptitudes maternelles, notamment laitières.

**Diaphragme** : Paroi externe en verre de l'électrode du pH-mètre (Cf. *Sous-fiche 4.1.1 Mesure du pH de la viande*).

**Efficacité alimentaire** : Quantité d'aliments nécessaire pour produire une unité de produit animal (lait, viande...). En élevage de bovins allaitants, une efficacité alimentaire plus importante peut se traduire, par exemple, par des animaux possédant un Gain Moyen Quotidien plus élevé pour une même ration ingérée. Cette notion constitue un point clé de l'élevage aujourd'hui, pour des enjeux économiques mais aussi de durabilité (Cantalapiedra-Hijar et al., 2020).

**Électrolytes** : Minéraux qui transportent une charge électrique dans un milieu liquide (ex : sodium, potassium...). Dans le cas d'un pH-mètre, des électrolytes sont contenus dans l'électrode et permettent la mesure du pH du milieu aqueux ou semi-aqueux (Cf. *Sous-fiche 4.1.1 Mesure du pH de la viande*).

**Émoussage** : Opération effectuée sur la chaîne d'abattage consistant à enlever certaines graisses de couverture jugées en excès, de façon à standardiser la présentation commerciale de la carcasse, en référence à l'arrêté interministériel du 26/12/2000 modifié.

**Épluchage** : Notion professionnelle du travail de la viande qui consiste à enlever tout ou partie des aponeuroses des muscles.

**Étalonnage** : Opération déterminant la relation entre les indications d'un appareil de mesure et les valeurs de la grandeur

à mesurer, par comparaison avec un étalon (Cf Sous-fiches 4.1.1 Mesure du pH de la viande et 4.1.2 Mesure de la température à cœur de la viande).

**Extension de découpe :** Travail de la viande consistant à extraire dans des morceaux riches en collagène, habituellement destinés à la cuisson lente ou au hachage, des parties moins riches en collagène pour la cuisson rapide. Elle peut être mise en œuvre sur des animaux bien conformés lorsque le poids de carcasse et le volume de certains muscles sont suffisamment importants pour justifier économiquement ce travail supplémentaire.

**Finition :** Période d'engraissement des animaux destinés à la boucherie. Dans le présent document, c'est donc un synonyme d'engraissement. Ainsi, l'alimentation des bovins durant la finition vise à les préparer de façon à atteindre les caractéristiques bouchères souhaitées, notamment un état d'engraissement optimal. Pour cela, les rations sont souvent plus riches en énergie.

**GMS (Grandes et Moyennes Surfaces) :** Forme de commerce et de distribution regroupant essentiellement les hypermarchés et les supermarchés.

**Heat rigor :** Dans une situation où le pH *post mortem* diminue trop rapidement par rapport à la température de la carcasse, il existe un risque de détérioration du potentiel d'attendrissage de la viande au cours de sa maturation : c'est le *heat rigor*. La cause la plus probable est la libération trop précoce des enzymes responsables de l'attendrissement dans les cellules musculaires. Ces enzymes sont alors dégradées et ne participent plus à la maturation des viandes.

**Hyperplasie :** Phase d'augmentation du nombre de cellules par la multiplication cellulaire (Cf sous-fiches 3.5.3 Les différents types de gras dans la filière viande bovine et 3.5.4 Les leviers de pilotage du dépôt de gras en amont de la filière).

**Hypertrophie :** Phase d'augmentation de la taille des cellules (Cf Sous-fiche 3.5.4 Les leviers de pilotage du dépôt de gras en amont de la filière).

**Inhibiteur :** Substance chimique qui agit par inhibition, phénomène par lequel une substance est capable, même à très faible concentration, de ralentir ou d'arrêter certaines réactions chimiques (oxydation, polymérisation, dégradation, etc.) (d'après Larousse.fr). Dans le cas de la maturation de la viande par exemple, les calpastatines sont des protéines qui inhibent la calpaïne (Cf Sous-fiche 3.1.2 Les composantes de la tendreté).

**JB (Jeune Bovin) :** Catégories de gros bovins, mâle non castré entre 8 et 12 mois ou entre 12 et de 24 mois d'âge (respectivement catégories Z et A du règlement (UE) n°1308/2013).

**Lipogenèse :** Correspond à un ensemble de processus biochimiques permettant la synthèse des lipides. Ces derniers sont formés à partir de précurseurs d'origine alimentaire (glucides, triglycérides, acides gras) et nécessitent de l'énergie (sous forme d'ATP). Ces processus biochimiques sont régulés de façon hormonale (tel que l'intervention de l'insuline).

**Lipolyse :** Désigne l'ensemble des processus biochimiques permettant la dégradation des molécules de lipides. Grâce à l'action d'enzymes, les lipases, les triglycérides sont dégradés libérant les acides gras des glycérols, qui pourront être à leur tour dégradés suivant différents processus biochimiques. Ces derniers sont régulés par les hormones (par exemple la testostérone).

**Marché :** Marché au cadran ou gré à gré. Le marché au cadran correspond à une vente aux enchères des bovins qui sont pré-

sentés sur un ring. Sur le marché gré à gré, les bovins sont exposés dans des cases individuelles et les acheteurs font affaire directement avec les commerçants.

**Marquage :** Dans le cas de la cuisson des viandes, le marquage correspond à la formation d'une « croûte » liée à un début de cuisson en milieu sec à température élevée. Cette croûte correspond à la coagulation sous la chaleur des protéines de la viande, c'est la réaction de Maillard.

**Maturation :** Moyen naturel d'attendrissage de la viande par l'action de différents systèmes enzymatiques protéolytiques qui dégradent les protéines myofibrillaires par hydrolyse. La maturation altère la structure des muscles par fragilisation et relâchement des liens entre fibres, ce qui favorise l'attendrissage des viandes. Elle entraîne aussi des modifications biochimiques, telles que l'élaboration des précurseurs de la saveur. En revanche, ces systèmes enzymatiques n'ont pas d'action sur le collagène. Le terme de maturation est aussi employé pour désigner la période courant depuis la mort de l'animal jusqu'à la consommation de la viande lors d'une conservation réfrigérée.

**Morceau à cuisson rapide :** Morceau à destination d'une cuisson rapide (poêle, four, barbecue) du fait de sa faible teneur en collagène.

**MRS (Matériels à Risque Spécifiés) :** Tissus et abats considérés comme représentant un risque au regard des Encéphalopathies Spongiformes Subaiguës Transmissibles (ESST) en raison de leur appartenance aux systèmes nerveux et lymphoïde, sites d'accumulation privilégiés du prion chez un animal atteint d'ESST. Ils sont définis conformément à l'Annexe V du Règlement (CE) n° 999/2001 du Parlement européen et du Conseil fixant les règles pour la prévention et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles. La liste des Matériels à Risque Spécifiés (MRS) est différenciée selon le niveau de risque du pays (ou région) au regard de l'ESB (négligeable, contrôlé, indéterminé).

**Muscle démonté :** Muscle éclaté, séparé des autres muscles attenants. Par exemple le rumsteak peut être démonté, c'est-à-dire éclaté suivant les différents morceaux le constituant : la limande, l'aiguillette baronne, du cœur et le filet de rumsteak.

**NEC (Note d'Etat Corporel) :** Sur l'animal vivant, l'appréciation du gras de couverture peut se faire par la Note d'Etat Corporel (NEC). Cette évaluation s'effectue essentiellement par palpations de deux sites sur l'animal. La note « 0 » est attribuée aux animaux les plus maigres et « 5 » aux plus gras.

**PAD (Prêt À Découper) ou PAT (Prêt À Trancher) :** Dernier niveau d'élaboration du muscle, qui est entièrement paré (et épluché). En niveau intermédiaire d'élaboration, le muscle peut être paré sommairement (PS). En premier niveau, le muscle est dit brut de désossage, c'est-à-dire simplement désossé sans aucun parage.

**Parage :** Travail de la viande qui consiste en l'élimination des aponévroses et des gras en excès selon le niveau d'élaboration de la découpe. D'un point de vue réglementaire, cette notion est précisément définie dans le règlement (CE) N° 853/2004 ainsi que dans le Code des usages des matières premières destinées aux produits élaborés.

**PPCM (Présentation Pesée Classement Marquage) :** Afin de favoriser la transparence des transactions commerciales entre acteurs de la filière, des conditions harmonisées de présentation, de pesée, de classement et de marquage des carcasses de gros bovins ont été définies réglementairement

et sont rassemblées dans le Guide technique et réglementaire Pesée / Classement / Marquage, FAM, 2016.

**Précocité** : Aptitude d'un animal à atteindre rapidement l'âge adulte et donc à développer rapidement les différents tissus (nerveux, osseux, musculaires et adipeux). Elle est dépendante de la race de l'animal et de son sexe. Ainsi, les femelles laitières sont plus précoces que les mâles allaitants.

**Protéase** : Groupe d'enzymes qui dégradent par hydrolyse les protéines. Dans le cas de la dégradation des protéines de la viande, les systèmes enzymatiques les plus souvent cités dans la bibliographie à ce jour sont les calpaïnes, les cathépsines, et le protéasome.

**PS ou SP (Semi Paré ou Paré Sommairelement)** : Niveau d'élaboration du muscle intermédiaire entre le brut de désossage, correspondant au muscle simplement désossé, et le PAD, dernier niveau d'élaboration du muscle qui est entièrement paré (et épluché). Le muscle PS a fait l'objet d'un premier niveau de parage (et d'épluchage).

**Ressuage** : Ou première réfrigération correspond à la première phase d'abaissement de la température de la carcasse de 38,5 °C à 7 °C, s'accompagnant de pertes de masse (eau).

**RHD (Restauration Hors Domicile)** : Secteur économique regroupant la restauration commerciale et la restauration collective. La restauration collective se distingue de la restauration commerciale par sa vocation sociale, en proposant des repas à une collectivité à des prix modérés.

**Rigor mortis ou rigidité cadavérique** : Raidissement maximal de la carcasse 24 à 48 heures *post mortem*. L'abattage déclenche une succession de mécanismes biologiques induisant la perte des propriétés élastiques du muscle d'où son raidissement dans les heures suivantes. L'appréciation de la *rigor mortis* peut être faite par le test d'impossibilité du pliage

de l'épaule. Par la suite, le muscle s'attendrit peu à peu grâce à la maturation.

**Stimulation électrique** : Envoi d'un courant électrique dans la carcasse en début de chaîne d'abattage (affalage ou égouttage) permettant d'éviter les phénomènes de cryochoc en entraînant l'accélération de la chute du pH et celle de l'entrée en rigor mortis. Réalisée à la dépouille, la stimulation électrique alors appelée tétanisation à la dépouille, facilite l'arrachage du cuir.

**Suspension** : Après assomage, pour les différentes opérations de leur transformation, les bovins sont suspendus sur des rails grâce à des crochets. Lors de la phase de ressuyage, deux types de suspension peuvent être rencontrées : la suspension des carcasses par le tendon d'Achille et la suspension pelvienne, moins répandue, qui facilite l'attendrissement de certains muscles par étirement.

**Tissu conjonctif** : Les éléments contractiles des muscles sont entourés d'un tissu conjonctif souple mais très résistant, qui les maintient et augmente l'efficacité de leur contraction. Cette armature interne et externe enveloppe les fibres musculaires et l'ensemble du muscle pour venir former les tendons, qui attachent les muscles aux os. Elle est essentiellement constituée de collagène, responsable de la dureté de base des muscles.

**UVCI** : Unité Vente Consommateur Industrielle correspondant aux barquettes de viandes destinées au consommateur, fabriquées par une entreprise de découpe puis expédiées aux distributeurs.

**UVCN** : Unité Vente Consommateur Magasin correspondant aux barquettes de viandes destinées au consommateur, fabriquées par le distributeur dans l'atelier du point de vente.

Retrouvez toutes les informations concernant  
l'interprofession et la filière sur :

[www.interbev.fr](http://www.interbev.fr)

[www.la-viande.fr](http://www.la-viande.fr)

[www.naturellement-flexitariens.fr](http://www.naturellement-flexitariens.fr)



Retrouvez tous les travaux de l'Institut  
de l'Élevage sur :

[www.idele.fr](http://www.idele.fr)



Tour Mattéi • 207, rue de Bercy • TSA21307 • 75564 Paris Cedex 12

Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation  
Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition  
Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire  
Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement  
Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être  
animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation  
Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition  
Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire  
Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement  
Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être  
animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation  
Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition  
Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire  
Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement  
Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être animal Hygiène Nutrition Environnement Santé Consommation Sécurité sanitaire Économie Bien-être