

DOCUMENTATION

LA TENDRETÉ DE LA VIANDE

PAR

B. DUMONT

Station de recherches sur l'Élevage, C. N. R. Z., Jouy-en-Josas

I. — IMPORTANCE DU PROBLÈME DE LA TENDRETÉ

La Tendreté, dit Larousse, est la « nature de ce qui se laisse entamer, pénétrer, couper facilement ».

La tendreté d'une viande traduit la facilité avec laquelle les fibres musculaires sont coupées, déchirées, broyées, pendant la mastication. La viande qui, sous la dent, offre de la résistance à cette destruction est dure. Tous les intermédiaires existent entre la tendreté extrême et la plus grande dureté. Chacun possède son vocabulaire pour caractériser l'intensité du facteur tendreté : la viande peut être, selon les termes du métier, « tendre comme de la rosée » (1) ou « dure comme du chien ».

L'appréciation de la tendreté est assez subjective. Les nuances se définissent surtout par comparaison.

Le problème de la tendreté occupe, dans l'esprit du consommateur, une place importante qui appelle quelques explications.

La notion de qualité, en matière de viande, est difficile à définir. En fait, c'est la résultante de qualités « élémentaires » : saveur, succulence... dont l'intensité et l'harmonie donnent à la viande sa valeur gustative. La tendreté aide la perception de ces qualités élémentaires (2). Elle leur sert de support. La saveur peut se développer grâce à elle et s'apprécie d'autant mieux que la viande est plus tendre. Une viande dure est désagréable. DEATHERAGE (15) dit en substance : « Le consommateur préfère la saveur et la tendreté à toutes autres qualités de la viande. Même quand la viande est bonne, a bonne saveur, elle est indésirable si elle est dure ». Et MEARA (38) précise : « La dureté rend la viande insipide, même immangeable pour une partie de la population ».

Il importe donc que la viande ait une tendreté suffisante.

Mais les qualificatifs « dure » ou « tendre » que l'on applique à la viande n'ont de sens et de valeur (au point de vue technique) que si l'on précise les conditions de cuisson de cette viande. La résistance qu'offre à la mastication les différents muscles qui constituent la viande de l'animal de boucherie est très variable et dépend essentiellement de leur temps de cuisson.

À l'état cru, on note déjà des différences très sensibles (fig. 1) et l'on peut, sur cette base, définir un *indice de tendreté de la viande crue*.

La cuisson modifie la tendreté (cf. page 84) et l'expérience montre que, pour présenter une tendreté suffisante, les morceaux demandent des temps de cuisson très différents. A cet égard, on classe les morceaux en 2 grands groupes :

1° Groupe des morceaux qui nécessitent un temps de cuisson court (de l'ordre de 25 à 30 minutes pour 1 kg de viande).

2° Groupe des morceaux qui nécessitent un temps de cuisson long (2-3 heures ou plus).

La gastronomie française a depuis longtemps reconnu le fait que les différents muscles ont, de par leur composition, leur structure et leur forme, des destinées culinaires diverses, caractérisées surtout par des temps de cuisson différents.

(1) « Pour être tendre comme de la rosée, la viande des rôtis doit être rassise à point, provenir d'animaux assez jeunes, engraisés comme il convient. » MARTEL (37).

(2) Elle joue à plus d'un titre pour la viande, le rôle de l'alcool dans le vin qui est le support du bouquet, de l'arôme.

On répartit ainsi les morceaux de boucherie en 3 catégories :

- *temps de cuisson court* : 1^{ère} catégorie, viandes à griller ou à rôtir (biftecks, rosbifs)
- *temps de cuisson long* : 2^e catégorie, viandes à braiser (bœuf mode, braisé) ; 3^e catégorie, viandes à bouilli, (pot-au-feu).

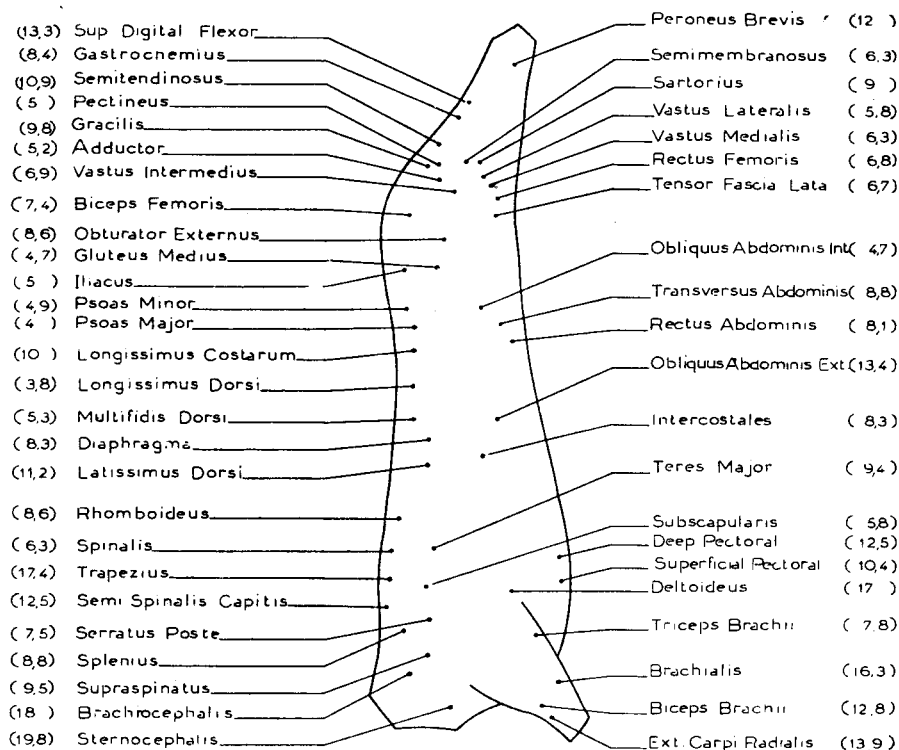


Figure 1 Tendreté des Différents Muscles Crûs

La position (très schématique) des différents muscles du bœuf est indiquée. Derrière le nom de chaque muscle est indiquée entre parenthèses son indice mécanique de Tendreté. L'indice mécanique est d'autant plus grand que la viande est plus dure. Les indices inférieurs à 8 caractérisent la viande tendre.

D'après RAMSBOTTOM et al. (47).

Les muscles de la 1^{ère} catégorie ont tous une tendreté suffisante après un temps de cuisson court. Les morceaux, vite cuits sont les plus recherchés (1). Ils ne représentent qu'un peu plus du tiers du poids de la carcasse. Bien souvent même, ce pourcentage n'atteint pas le tiers chez les animaux de réforme, qui représentent une part importante sur nos marchés.

La demande accrue de morceaux à griller ou à rôtir, vite cuits, répondant aux exigences de la vie moderne, se heurte aux limites naturelles de la tendreté des différents muscles. Pour

(1) Ce fait est regrettable à de nombreux points de vue. Le professeur E. F. TERROINE l'a souligné aux récentes Journées Scientifiques de la Production de la Viande : (61).

« Il est évident que l'on a grand tort de supprimer la consommation des viandes en sauce, qui constituent un excellent aliment... Le ragoût, sous toutes ses formes, qui contient une faible quantité de viande apportant la sapidité, et une grande quantité de légumes ou de céréales (pommes de terre, légumineuses variées, riz, pâtes) qui assurent la couverture des besoins énergétiques, est, pour l'homme bien portant, la forme d'alimentation de choix tant au point de vue physiologique qu'au point de vue économique.

y répondre, on a modifié la découpe classique des animaux, vendu comme biftecks, rôtis, des morceaux de II^e catégorie. La viande qu'on vend dans ces conditions est dure.

La tendreté est le facteur limitant de la valeur commerciale d'un muscle donné, et aussi le facteur limitant de son utilisation à l'heure actuelle.

L'étude de la tendreté, des facteurs qui l'influencent, s'avère particulièrement intéressante et à des titres divers : économiques, techniques, scientifiques.

Elle pose le type même du problème de recherche.

Importance économique, incertitudes expérimentales, hypothèses scientifiques, possibilités zootechniques y interfèrent et lui confèrent un caractère de complexité considérable.

Le chercheur doit y trouver matière à travail et à réflexion.

II. — STRUCTURE ET CONSTITUTION DU MUSCLE

Les différents muscles striés qui forment la chair des animaux présentent le même type général d'organisation. La conception du muscle, divisé en faisceaux de fibres par du tissu conjonctif (fibres de collagène et tissu élastique) est classique : le cloisonnement très poussé est la marque profonde de ces organes.

Les muscles présentent cependant de grosses variations de composition anatomique, de structure microscopique, avec l'espèce, l'individu et avec le muscle.

La densité de la fibre, ses dimensions, la taille du faisceau, la nature (tissu collagène ou tissu élastique, plus ou moins infiltré de graisse), l'importance et la répartition du tissu de cloisonnement, sont autant de facteurs de variation qui confèrent à chaque muscle une individualité propre. Ils permettent sa reconnaissance macro ou microscopique.

L'aspect d'un muscle donné résume parfaitement l'histoire de l'animal.

Le nombre et le développement des fibres dans le faisceau musculaire définissent la texture ou « grain » de la viande.

La fibre augmente de taille avec l'âge, l'exercice, la nutrition. Cette croissance s'accompagne de modifications intimes dans la densité du sarcoplasme, dans la constitution chimique.

Selon HIRZEL (29), l'état d'engraissement affecte peu la taille de la fibre. Mais ROBERTSON et BAKER (52) ont observé des différences significatives dans la taille des fibres d'animaux soumis à des régimes alimentaires riches ou pauvres.

La fibre de la femelle est la plus fine. La taille de celle du neutre est intermédiaire.

La fibre est fine chez les petits animaux (lapin, mouton). Elle n'est pas pour autant en rapport avec le poids du corps. Les différences entre les races donnent lieu à des observations contradictoires. Il serait intéressant de préciser, toutes conditions étant égales, quelle est l'importance du facteur race sur le « grain » de la viande.

Enfin, le diamètre de la fibre varie avec le muscle. La taille de la fibre augmente progressivement quand on passe du Psoas Major au Longissimus Dorsi, au Biceps Femoris, au Semi Membranosus. (MORAN et SMITH (41)). Le Longissimus Dorsi, le Triceps Brachii et l'Adductor ont des finesses de fibres voisines (56,8 μ , 54,2 μ , 58,6 μ), (SATORIUS et CHILD (53)).

Selon HAMMOND (21), les muscles dont la vitesse de croissance post-natale est la plus forte ont les fibres les plus grosses et les faisceaux les plus gros. Il compare, à cet égard, chez le mouton, le Gracilis dont le grain est fin et le Vastus Lateralis, de texture plus grossière. ADAMETZ (1), cependant, ne trouve pas de corrélation entre la taille de la fibre et la taille du faisceau. MORAN et SMITH (41) constatent, pour les 4 muscles précités, l'existence d'un parallélisme étroit entre la taille de la fibre, la surface des faisceaux primaires et celle des faisceaux secondaires.

Les variations de la taille des faisceaux avec l'espèce sont bien établies. Le Pectoral ascendant (« Deep Pectoral ») par exemple, formé de gros faisceaux chez le bœuf, en possède de très fins chez l'oiseau, (STRANDINE et al. (57)).

L'influence du sexe, de la race surtout, n'a pas été étudiée de manière satisfaisante.

On peut ranger les muscles du bœuf en 4 catégories :

- muscles à gros faisceaux ;
- muscles à faisceaux de taille moyenne ;
- muscles à petits faisceaux ;
- muscles à faisceaux indistincts.

Le tableau I résume nos connaissances à ce sujet.

L'appellation du tissu conjonctif, « tissu d'emballage », prend toute sa valeur dans le muscle de bœuf.

Le conjonctif s'y montre abondant. Les autres espèces (porc, mouton) en contiennent beaucoup moins.

TABLEAU I

Classification des muscles selon leur aspect histologique
(Taille des faisceaux. Taux de conjonctif)
(STRANDINE et al. — 57)

Larges faisceaux distincts, perimysium important	Faisceaux de taille moyenne, perimysium plus rare	Petits faisceaux perimysium très rare	Faisceaux indistincts Aspect uniforme
Brachiocephalus Cutaneus Deep Pectoral Semitendinosus Sternocephalicus Superficial pectoral Trapezius	Brachialis External oblique Latissimus dorsi Longissimus dorsi Rectus abdominis Rhomboides Semimembranosus Serratus ventralis Splenius Tensor Fascialatae Transversus Abdominis Vastus intermedius Vastus medialis	Biceps Brachii Complexus Diaphragm Extensor carpi radialis Gastrocnemius Gluteus medius Gluteus profundus Gracilis Internal oblique Rectus femoris Subscapularis Supraspinatus Vastus lateralis	Adductor Intercostales Iliacus Intra-Transversus colli Longissimus costarum Infraspinatus Multifidus dorsi Pectineus Psoas major Psoas minor Teres major Triceps brachii

TABLEAU II

Classification des muscles d'après l'importance du tissu élastique
(STRANDINE et al. — 57)

Beaucoup	Moyen	Faible
Cutaneus External oblique Latissimus dorsi Semitendinosus	Biceps brachii Biceps femoris Complexus Deep Pectoral Deltoid Extensor carpi radialis Gracilis Internal oblique Obturator Externus Obturator Internus Omotransversarius Rectus abdominis Rhomboides Sartorius Serratus Ventralis Splenius Superficial Pectoral Supraspinatus Transversus abdominis Trapezius Vastus lateralis	Adductor Brachialis Brachiocephalicus Diaphragm Gastrocnemius Gluteus medius Gluteus profundus Iliacus Infraspinatus Intercostal Intratransversus colli Longissimus costarum Longissimus Dorsi Multifidus Dorsi Pectineus Psoas major Psoas minor Rectus femoris Semimembranosus Sternocephalicus Subscapularis Superficial Digital flexor Tensor Fascia latae Teres major Teres minor Triceps brachii Vastus intermedius Vastus medialis

Le conjonctif est un mélange de fibres de collagène et de fibres élastiques. Ces dernières sont en faible proportion dans la plupart des muscles, absentes mêmes chez certains, Psoas par exemple, où seule la paroi des artérioles en contient quelques-unes. Les muscles de la croupe, du dessus en possèdent peu. Ceux du cou, des parois abdominales en renferment davantage (*cf.* tableau II). Le Ligamentum nuchae est le type du tissu élastique.

La variation de ce tissu élastique est importante et inexplicquée. Elle est sans doute due à des particularités de fonctionnement des muscles. Des théories séduisantes veulent y voir une relation avec la tension ou l'effort auquel le muscle est soumis.

Le *Collagène* est beaucoup plus général et beaucoup plus important. Collagène et tissu élastique ont des propriétés fort différentes. La chaleur est sans action sur le dernier. Le collagène, à la cuisson, se transforme en gélatine soluble. L'action des acides dilués (acide lactique, qui se forme post-mortem) prépare cette transformation.

Les résultats des différents auteurs sont assez contradictoires en ce qui concerne les facteurs de variation du tissu conjonctif :

MITCHEL et al. (39) ne trouvent pas de différences entre animaux d'âge et de sexe différents.

HAMMOND (21) a montré que la proportion de tissu conjonctif par rapport au muscle est beaucoup plus élevée dans la viande de fœtus de mouton que dans la viande d'adulte. Ceci semble confirmé par HINES et al. (28), qui ont calculé que le conjonctif représentait 40 p 100 de la masse musculaire totale à 15 jours, et 15 p 100 seulement à 90 jours.

TABLEAU III

Classification des muscles selon leur taux en fibres de Collagène
(STRANDINE et al. — 57)

Important	Moyen	Faible
Biceps brachii	Adductor	Gluteus medius
Brachiocephalicus	Biceps femoris	Iliacus
Complexus	Brachialis	Intercostal
Cutaneous	Diaphragm	Longissimus Dorsi
Deep pectoral	Extensor carpi	Multifidus dorsi
Deltoid	radialis	Pectineus
External oblique	Gluteus profundus	Psoas major
Gastrocnemius	Gracillis	Rectus femoris
Latissimus dorsi	Infraspinatus	Teres major
Obturator externus	Internal oblique	
Obturator internus	Intratransversus	
Omotransversarius	colli	
Semitendinosus	Longissimus costarum	
Sternocephalicus	Psoas minor	
Superficial digital	Rectus abdominis	
flexor	Rhomboideus	
Superficial pectoral	Sartorius	
Trapezius	Semimembranosus	
	Serratus ventralis	
	Splenius	
	Subscapularis	
	Supraspinatus	
	Tensor Fascia latae	
	Teres minor	
	Transversus abdominis	
	Triceps brachii	
	Vastus intermedius	
	Vastus lateralis	
	Vastus medialis	

Par contre, MACKINTOSH et al. (36) trouvent plus de collagène chez les adultes que chez les jeunes. MITCHELL et al. (40) indiquent que le taux de conjonctif du maigre de veau extra est inférieur à celui d'un châtiron d'un an.

On peut sans doute expliquer ces anomalies par des vitesses de croissance différentielles du tissu conjonctif. Il est important de noter, à ce point de vue, que ce tissu est un tissu simple

sans grande différenciation, dont le développement dans les premiers stades de la croissance peut être très rapide, comparé à celui des tissus plus spécialisés, comme le muscle.

Mais il se pose un problème d'appréciation du tissu conjonctif, un problème de ses méthodes de dosage.

Les méthodes chimiques rapides doivent être complétées par les méthodes histologiques. Ces dernières relient mieux le tissu conjonctif, en quantité et en qualité ⁽¹⁾, à la fibre musculaire. Elles se sont révélées particulièrement fructueuses. Elles ont permis de mettre en évidence une loi très générale de distribution du conjonctif dans le muscle.

Le conjonctif est d'autant plus important, le perimysium d'autant plus abondant que les faisceaux musculaires sont plus larges et plus distincts (tableau I). Aux larges faisceaux du Semitendinosus est adjoit un perimysium épais. Les faisceaux de l'Iliacus sont assez indistincts. Leur aspect est uniforme, le conjonctif y est rare. Selon SZENT-GYORGI (60), le tissu conjonctif « protégerait » la substance musculaire, assez fragile, contre toutes causes mécaniques de détérioration. La protection que nécessite un muscle dépend de sa localisation et de son exposition. Les psoas, bien protégés naturellement dans la cavité abdominale, ont peu de conjonctif.

Au total, les muscles présentent, dans un type général de structure caractérisé par la notion de cloison et l'importance du tissu conjonctif, une grande variation, susceptible d'expliquer leurs propriétés différentielles, notamment leur tendreté.

Au point de vue chimique, la constitution du muscle est très complexe et jusqu'ici assez mal connue, bien que « le sang mis à part, aucun autre tissu n'ait fait l'objet d'autant d'études » (DUBUISSON (16)).

Le muscle se caractérise par le nombre (une cinquantaine) et la variété de ses enzymes, par la nature de ses protéines, dont l'ensemble constitue une architecture compliquée, un complexe labile où les phénomènes d'orientation moléculaire et de structure des chaînes sont de première importance.

III. — LES MODIFICATIONS MUSCULAIRES POST-MORTEM

Après l'abattage, le muscle est le siège de phénomènes essentiellement biochimiques, qui modifient ses propriétés : structure, composition, propriétés physiologiques.

Au cours de ces transformations, le muscle passe par un certain nombre d'états (tableau IV), dont 3 retiendront particulièrement notre attention :

- état rigide ;
- état rassis ;
- état cuit.

Dans ce cycle de la viande qui aboutit à l'altération de ses éléments figurés, à la décomposition de ses constituants chimiques, les phénomènes enzymatiques jouent un grand rôle. Le pH, facteur limitant de ces réactions biochimiques, règle les changements et régit à la fois les propriétés immédiates et le comportement futur du muscle.

L'origine, la nature et la signification de ce pH appellent quelques commentaires.

Le pH de la viande

Le muscle vivant, au repos, a un pH de 7,4. Après la mort, le glycogène musculaire (1 % environ) se transforme quantitativement en acide lactique (par un cycle très complexe où l'A. T. P. a un rôle très important). L'acidité produite fait tomber le pH aux environs de 5,6. Quelle que soit la quantité de glycogène présente dans le muscle, on ne peut descendre au delà de pH 5,4, car les enzymes glycolytiques sont inhibés à pH inférieur à 5,4 ⁽²⁾.

Le pH joue un rôle dans :

- 1° La rigidité cadavérique où l'enzyme responsable (phosphatase) a un pH optimum acide ;
- 2° La variation des propriétés colloïdales des protéines musculaires, spécialement de la myosine dont le point isoélectrique est pH 5,3-5,5 ;

⁽¹⁾ Sur le tissu frais, le tissu élastique est mis en évidence par la coloration de WEIGERT, et le collagène par celle de MALLORY.

⁽²⁾ Le pouvoir tampon du sang s'oppose en partie à ces variations de pH.

3° L'activité des enzymes protéolytiques de la maturation ;

4° La croissance des bactéries qui limitent la conservation.

Le plus souvent, on recherche un pH assez bas. Tous les facteurs qui font diminuer le taux de glycogène augmentent le pH. Un repos suffisant avant l'abattage est à conseiller (CALLON (12)). Mais pour quelques applications industrielles, un pH un peu plus élevé (6,3 — 6,5) est intéressant (cf. p. 91).

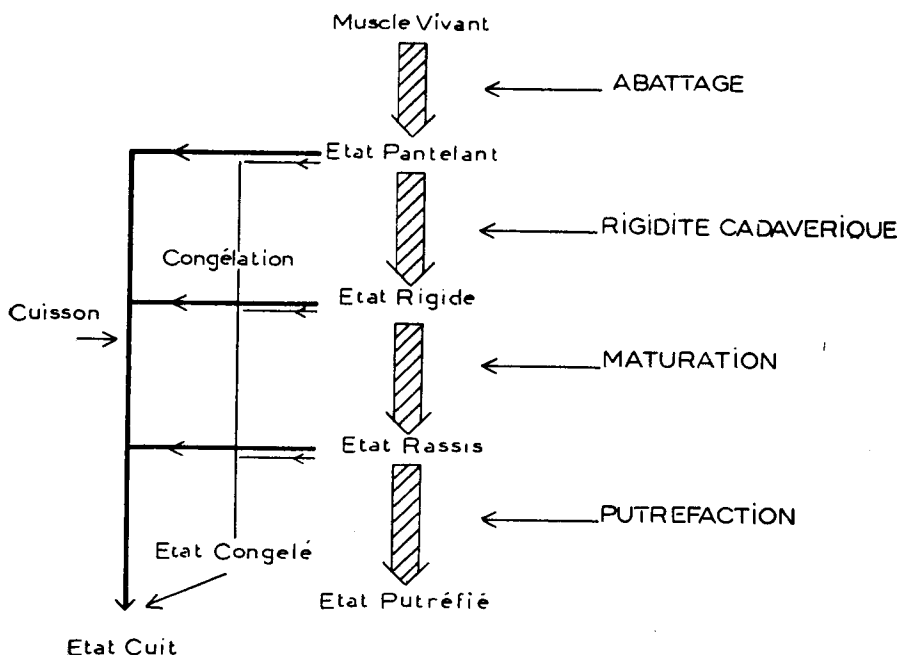


Tableau IV

Schéma des Transformations post mortem du Muscle

État rigide. La rigidité cadavérique.

Après la mort, dans un délai variable de 1/4 d'heure à 24 heures, les muscles durcissent. C'est la rigidité cadavérique (rigor mortis) qui succède à une phase d'hyperexcitabilité post-mortem.

Elle procède toujours dans le même sens : face, encolure, thorax, membre antérieur, membre postérieur (1).

Elle survient plus ou moins rapidement selon l'espèce. Elle se montre plus tôt chez le bœuf que chez le porc.

Elle est prématurée chez l'animal malade, fébrile, ou mourant en pleine activité musculaire (taureaux de corrida). Un repos avant abattage est nécessaire pour obtenir le développement normal de la rigor.

Le froid la retarde, la chaleur l'accélère.

Le muscle rigide est dur au toucher, gonflé et légèrement raccourci. L'examen microscopique montre une structure très particulière des fibres. Les fibres, normalement droites ou faiblement ondulées, présentent alors des nœuds de contraction durs et résistants (ils demeurent bien après la résolution de la rigidité) et des plis de rétraction passive qui donnent aux fibres « l'aspect d'une planche à laver » (RAMSBOTTON (46)) ; PAUL et al. (42) pensent qu'il

(1) Le frisson et la rigidité tétanique précèdent de la même façon.

faut y voir 2 sortes de changements de la fibre : changements actifs et passifs. Les premiers sont caractérisés par l'apparition de zones alternes de condensation et de raréfaction des fibres sous l'effet de la tension de contracture des nœuds. Les changements passifs sont ceux que présentent les fibres non contractées en elles-mêmes, qui se plissent « en vagues », par suite des tensions extérieures qu'elles subissent (tensions des fibres voisines contractées ou du tissu conjonctif).

Le mécanisme biochimique de la rigidité est encore obscur. L'hydrolyse de l'A. T. P. uni « in vivo » à la myosine, permettrait la formation d'un complexe actin-myosine qui serait très inextensible et qui conférerait au muscle mort la rigidité de la « rigor mortis » (SZENTGYORGI (59) (60)).

L'hydrolyse de l'A. T. P. est activée en milieu acide. La chute du pH qui suit la mort, favorise donc l'établissement de la rigidité, mais ne la provoque pas directement, comme certains l'avaient pensé (VON FURTH (19) par exemple).

État rassis. La maturation

La rigidité cadavérique disparaît et, peu à peu, les muscles perdent leur fermeté. C'est un phénomène qui aboutit au ramollissement du muscle et à la dégradation des constituants chimiques. On peut dire que son établissement, difficile à situer dans le temps, signifie la « mort » des tissus, au sens biochimique du terme. Les fibres perdent leur différenciation, leur hétérogénéité. L'homogénéité s'accroît encore par l'activité de nombreuses protéases qui réalisent l'autolyse du protoplasme.

La maturation se caractérise par la rupture des fibres musculaires qui se produit, soit directement par fracture latérale, soit après désintégration du protoplasme sur une grande surface. Ceci s'observe spécialement dans la zone inter-nodale séparant 2 nœuds de contraction. Les fractures se produisent principalement dans les fibres plissées. Des constriction apparaissent le long de ces fibres, et, en progressant, les rompent (PAUL (42)).

Les striations disparaissent progressivement. La fibre devient « terne » (1). Les premières fissures sont notées 2 jours après abattage.

Le tissu conjonctif est plus ou moins désintégré. Il « s'adoucit » sous l'action de l'acide lactique (HIRZEL (29)).

Il est bien établi qu'aucun phénomène microbien n'est en cause dans la maturation, contrairement à ce qu'a longtemps soutenu l'école allemande.

L'autolyse aseptique du muscle, réalisée par les enzymes tissulaires et précédée d'une dénaturation préalable des protéines (Mc KARTHY et KING (34)), cf. fig. 2, a la faveur d'un grand nombre d'auteurs.

BATE-SMITH (2) prétend cependant qu'après 6 mois de conservation, 6 p 100 seulement des protéines sont autolysées. Selon MORAN et SMITH (41), l'autolyse n'a de rôle qu'après un mois de conservation.

Les produits formés au cours de l'autolyse, leur importance relative ne sont pas bien connus. L'action même de certains enzymes du type « cathepsine » (2) dans la maturation, est mal établie.

SMORODINTSEV et NIKOLAEV (54-55) ont trouvé, par exemple, que dans le muscle en autolyse (conservé à 0, + 4°C), l'activité catheptique diminue de 40 à 50 p 100 dans les 24 premières heures qui suivent la mort, et encore de 20 p 100 durant les 5 jours suivants.

Faut-il penser alors à des phénomènes osmotiques qui diminueraient la turgescence des fibres, par perte d'eau ? L'instabilité des liaisons protéines-eau qui résulte de la dénaturation, rend l'hypothèse plausible.

État cuit

La cuisson accélère et développe les modifications histologiques dues à la rigidité et à la maturation. A ce dernier stade, on note plus de coupures que dans la viande crue (PAUL et al. (42) ; RAMSDOTTOM et al. (46)).

Elle accélère également les modifications chimiques (dénaturation, coagulation) des protéines.

Les changements du tissu conjonctif sont particulièrement importants. Les collagènes qui, dans la viande crue, ont un aspect fibreux et sont colorés en rouge brillant par l'acide

(1) Seuls les noyaux semblent résister.

(2) Groupe d'enzymes protéolytiques.

picrique, deviennent après cuisson granulaires et colorés en jaune par le même acide (PAUL et al. (42)). Ils subissent d'abord un gonflement, puis une véritable désintégration (qui tend à les transformer en formes solubles). Ces changements s'accompagnent d'affinité pour les colorants. Ils prennent le WEIGERT alors que le tissu conjonctif frais ne le prend pas.

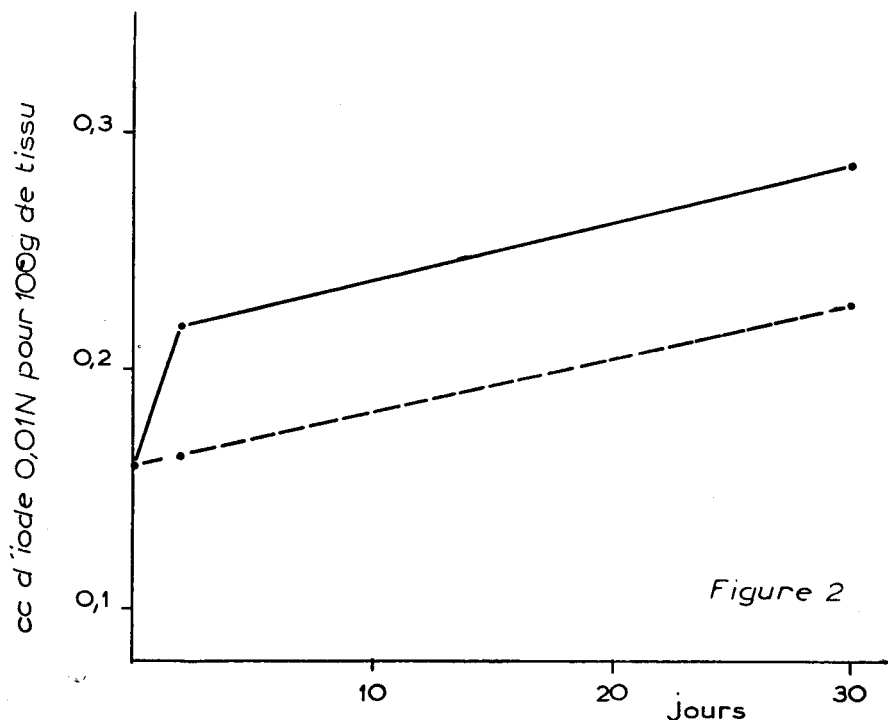


Figure 2

Titration des groupes SH au cours de la Maturation Mac KARTHY et KING

Noter l'augmentation des groupes SH, corrélatrice de la dénaturation des protéines au cours de la maturation. Les deux courbes correspondent à deux traitements post-mortem des carcasses. La courbe en pointillé se rapporte à une conservation à $+ 1,6^{\circ}\text{C}$. La courbe en trait plein traduit l'effet du procédé Tenderay sur la maturation (cf. p. 90). Une température de $+ 15^{\circ}$ est appliquée à la carcasse pendant 48 heures. La viande est ensuite conservée à $+ 1,6^{\circ}\text{C}$. L'augmentation des groupes SH ne suit pas la loi de VAN'T HOFF. Elle est beaucoup plus rapide.

État congelé

La glace intrafibrillaire ne se forme qu'aux très basses températures. On note des ruptures de la fibre. A $- 80^{\circ}\text{C}$, chaque fibre est rompue par suite de l'augmentation de volume.

Le tissu conjonctif se rompt et se disloque (HINER et al. (27)).

La taille des cristaux augmente avec l'intervalle de temps qui sépare l'abattage de la congélation. La congélation rapide qui suit la mort, provoque la formation de petits cristaux dans la fibre. Au 12^e jour de conservation, les cristaux formés sont gros et en dehors des fibres (RAMSBOTTON et al. (46)).

IV. — MESURE DE LA TENDRETÉ

Deux séries de méthodes sont utilisées pour mesurer la tendreté :

- la dégustation ;
- la mesure mécanique.

L'une et l'autre ont leurs partisans et leurs adversaires.

La dégustation

Elle consiste à faire juger la tendreté d'un morceau par une équipe de dégustateurs qualifiés (« Tasting panel »). Chaque juge apprécie la tendreté de la viande et l'affecte d'une note. La moyenne des notes définit l'*indice de tendreté*.

Le nombre de classes est variable. Voici, à titre d'exemple, la charte utilisée par la plupart des auteurs américains :

- très tendre ;
- tendre ;
- modérément tendre ;
- moyenne ;
- légèrement dure ;
- dure ;
- très dure ;
- extrêmement dure.

C'est là une méthode naturelle, la première qui vienne à l'esprit. C'est la *méthode de référence*, mais elle n'est pas sans critiques dans sa généralisation.

L'appréciation de la tendreté est assez subjective. Elle dépend de la nature et du goût du « panel ». MEARA (38) estime qu'il est très difficile de réunir une bonne équipe de dégustateurs. Pour obtenir des résultats comparables, au cours d'une expérience, le jury doit toujours être le même.

Elle est donc d'un emploi difficile et, de plus, elle est longue. La tendreté varie avec la durée de conservation. Le « test à la dégustation » « se prête mal à étudier ces variations et à les chiffrer. Elle ne permet pas de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace.

A cette méthode s'opposent les *tests mécaniques*.

La mesure mécanique

Un certain nombre d'appareils ont été réalisés à cet effet. Ils agissent par coupure, par déchirement ou par broyage. Citons les principaux :

1^o *Le pénétromètre de Tressler et Murray* (62). — On note la pression nécessaire à la perforation et à la laceration du morceau par la pointe de l'instrument.

2^o *Les appareils de Lehmann* (32). — Ils utilisent, soit la force de rupture, soit la force nécessaire pour couper l'échantillon avec deux arêtes tranchantes.

3^o *L'appareil de Volodkevitch* (64). — La viande y est écrasée entre deux dents (cales).

4^o *L'appareil de Winkler* (67). — Une force croissante est appliquée à l'échantillon sous la forme d'un courant de grenaille de plomb. On suit sur un tambour la déformation du morceau pris entre deux mors, l'un fixe, l'autre relié au cylindre enregistreur.

5^o *L'appareil de Warner* (65). — (WARNER-BRATZLER shear-force apparatus). C'est le plus connu et le plus utilisé aux États-Unis. On enregistre au dynamomètre la force nécessaire pour faire passer une arête tranchante à travers un morceau retenu par une plaque rigide.

Que valent ces méthodes ?

Elles sont rapides. Elles chiffrant la tendreté et permettent d'évaluer ses variations.

« Elles dispensent du facteur humain, mais leurs résultats sont encore assez arbitraires et empiriques dans leur interprétation ». (DEATHERAGE (15)).

Il est évident que si l'on peut employer les tests mécaniques pour mesurer la tendreté, les résultats obtenus par ces méthodes doivent être comparés à l'appréciation des juges humains sur la tendreté des mêmes échantillons. « Souvent, cette corrélation de base est négligée par le promoteur d'un appareil particulier de mesure, ou bien les chiffres sur lesquels reposent l'établissement de la liaison ne sont pas donnés dans le détail ». BATE-SMITH (2).

TRESSLER, BIRDSEYE et MURRAY (62), utilisant leur appareil, trouvent que « les différents steaks utilisés avaient des tendretés relatives de l'ordre de grandeur de celles auxquelles on pensait généralement ! » Comparant leur appareil à celui de WARNER, ils concluent que le pénétromètre donne des résultats plus uniformes.

D'après RAMSBOTTOM et al. (84), l'appareil de WARNER donne de très bons résultats. La corrélation entre les notes des épreuves (dégustation et test mécanique) est de 0,9. Mais BULL, OLSON et LONGWELL (9), opérant avec un appareil très voisin (« mouse-trap »), ne trouvent aucune corrélation entre les notes données par le comité de dégustation et la « dureté mécanique ».

Dans l'ensemble, les résultats cités dans la littérature sont assez discordants. Les valeurs recueillies dans ces tests dépendent de nombreux facteurs, parmi lesquels la taille de l'échan-

tillon et sa position dans l'appareil (en particulier pour le « WARNER-BRATZLER shear ») sont extrêmement importants.

Il y aurait lieu de revoir les données de la mesure mécanique de la tendreté à la lumière des faits suivants :

— Les appareils actuels n'utilisent que l'un des 3 *procédés de la mastication* : coupure, déchirement, broyage, la coupure étant celui le plus employé. Il serait souhaitable *d'utiliser les trois* séparément et d'en comparer les résultats, ou de *les réunir dans un même appareil*.

Les forces nécessaires à ces travaux devraient être connues avec grande précision. L'enregistrement graphique du travail est à retenir.

— L'appareil doit pouvoir caractériser la tendreté de l'échantillon quelle que soit sa position et sa taille. La viande étant un produit hétérogène, il importe que la valeur mesurée de la tendreté soit une valeur globale et représentative de l'échantillon ; à cet égard, l'appareil de WARNER est insuffisant et ne renseigne que sur une zone donnée du morceau.

— Il est nécessaire de procéder aux dosages chimiques que nécessite l'étude du problème de la tendreté (*cf. p. 92*), sur l'échantillon qui sert à la mesure mécanique.

En nous appuyant sur toutes ces considérations, nous avons mis au point le principe d'une méthode nouvelle de mesure « mécanique » de la tendreté. Son appareillage est constitué par un *petit hachoir électrique*, dont on mesure la puissance et dont on enregistre le travail.

Les éléments musculaires y subissent un traitement très voisin de celui des conditions naturelles de la mastication.

Il sera très intéressant de comparer les résultats de cette méthode à ceux de la dégustation, qui reste pour l'instant la preuve de leur validité.

V. — VARIATIONS DE LA TENDRETÉ

La tendreté est un facteur extrêmement variable et ses causes de variation sont très nombreuses.

Il nous importe, maintenant, de préciser le rôle et l'importance des facteurs d'élevage (âge, état d'engraissement, etc...) dans ces variations. Disons tout de suite que c'est l'angle sous lequel le problème de la tendreté a été le moins étudié et que c'est là où les résultats sont à la fois les plus contradictoires et les plus discutables.

Dans l'histoire d'une viande dure, la place qui revient au chapitre « Influence des facteurs d'élevage » est nécessairement restreinte. Car la viande, produit transformé, subit, entre le pré et l'assiette, l'influence de facteurs externes nombreux, plus ou moins dirigés, qui modifient profondément la tendreté et qui masquent, souvent, le rôle exact des facteurs d'élevage.

Comme nous l'avons vu, la mesure de la tendreté définit un indice de tendreté. Cet indice n'a qu'une valeur relative et n'a de sens que si l'on précise les conditions dans lesquelles on l'a obtenu.

Les résultats de l'étude expérimentale de l'influence d'un facteur d'élevage donné sur la tendreté, n'ont de valeur que s'ils proviennent de travaux effectués dans des conditions strictement définies. Cette précaution est élémentaire, mais sa non-observation est fréquente. Elle s'explique par le nombre et la complexité des conditions à remplir.

Le tableau V. résume les différents facteurs qui influent sur la tendreté. Nous allons préciser l'importance de chacun.

Conservation

La figure 3 indique l'allure générale de la courbe de la variation de la tendreté en fonction du temps. On y distingue 3 parties correspondant aux 3 états qui caractérisent les modifications musculaires post-mortem :

- état pantelant ;
- état rigide ;
- état rassis.

La viande chaude est assez tendre (BREWSTER (8)) ; (RAMSBOTTOM (47-48)). Seule une clientèle restreinte (ouvriers des abattoirs) connaît et apprécie cette viande pantelante.

En période de rigidité cadavérique, la viande est extrêmement dure, quel que soit le muscle auquel on s'adresse. PAUL (42) compare sa consistance à celle du caoutchouc.

Avec la maturation, la viande s'attendrit. Assez rapidement, elle atteint et dépasse la tendreté initiale de la viande pantelante.

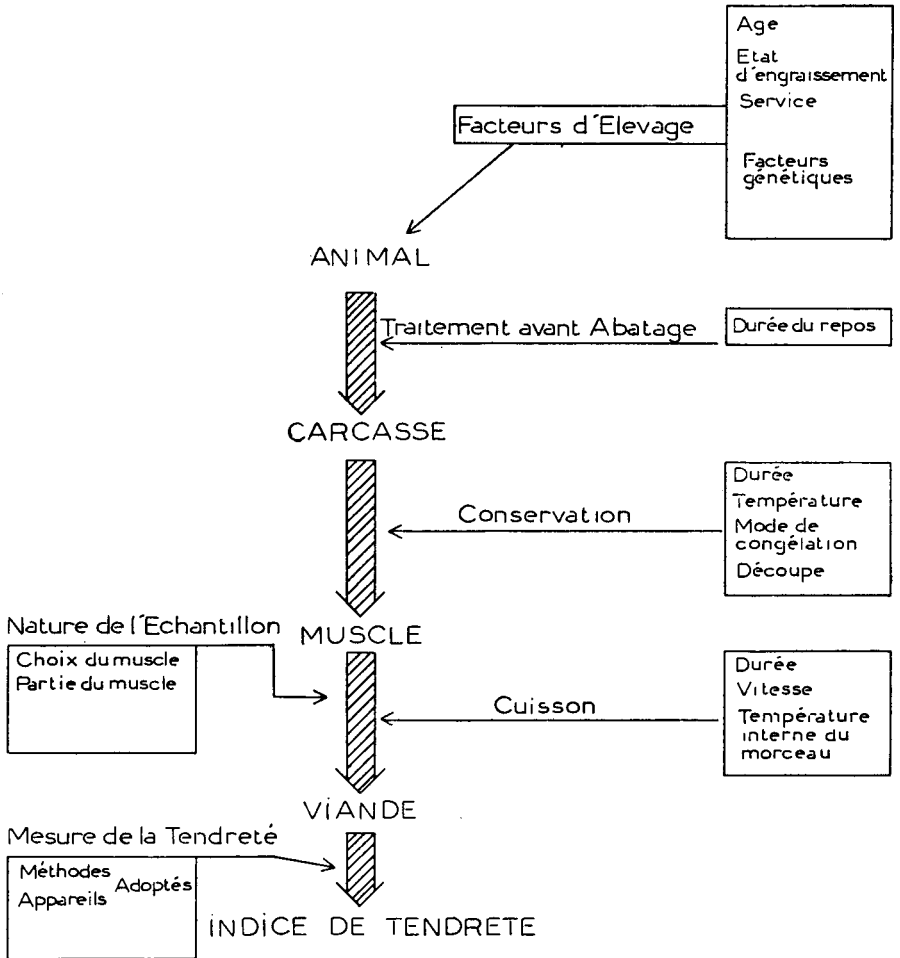


Tableau V

Facteurs de la Variation de la Tendreté

La durée de chaque phase, le temps mis par un muscle pour atteindre une valeur déterminée de la tendreté sont fonction de la *température de conservation*.

Aux températures ordinaires de conservation de la viande fraîche (+ 1°C, « chilled beef »), l'augmentation sensible de la tendreté se fait les quinze premiers jours, et plus spécialement la 2^e semaine. Dans des essais portant sur une durée de conservation de 35 jours, à la fin desquels l'augmentation de tendreté (par rapport à la tendreté initiale) atteignait 28,2 p 100, 22 p 100 d'augmentation se sont produits du 5^e au 15^e jour, et 6,2 p 100 seulement du 15^e au 35^e jour (HINER et HANHINS (25)). WARNER et ALEXANDER (66) travaillant sur de la viande de mouton, constatent que l'augmentation importante de la tendreté se produit les dix premiers jours de la conservation ; les 10 jours suivants, la tendreté n'est pas modifiée. Selon MORAN et SMITH (41), après 7 jours de conservation à + 4° C, la tendreté a augmenté de 10 p 100 ; l'augmentation passe à 31 p 100 après 17 jours.

La température accélère le phénomène.

Le même résultat dans l'augmentation de tendreté peut être obtenu en 3 jours à 15°6 C et en 9 semaines à + 1,1°C (EWELL (18)). COULTER (in BATE SMITH) (2), donne les temps

L'Échelle est dans le sens des Tendretés croissantes

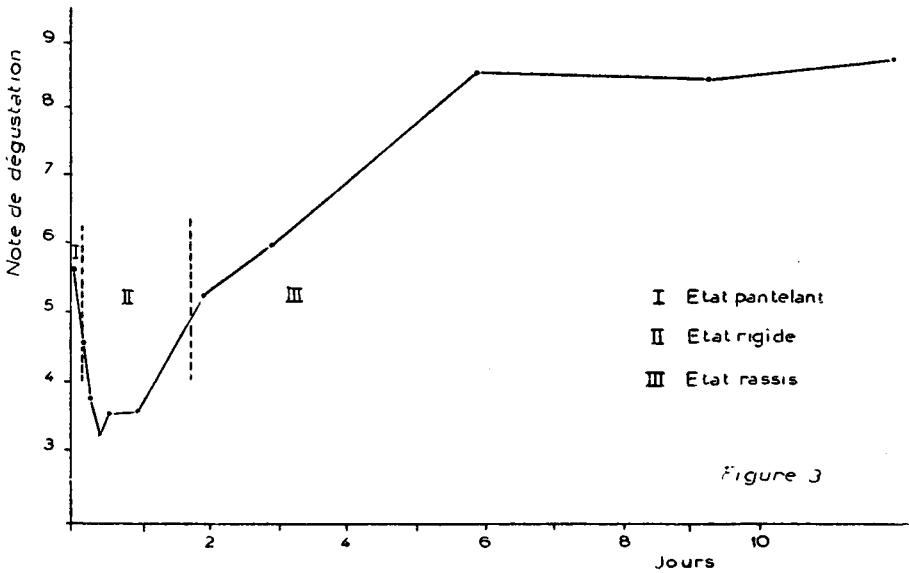


Fig. 3 - Variation de la Tendreté en fonction du Temps
Température de Conservation + 1,67° C [35° F]

Courbe établie d'après les données publiées dans RAMSBOTTOM (46).

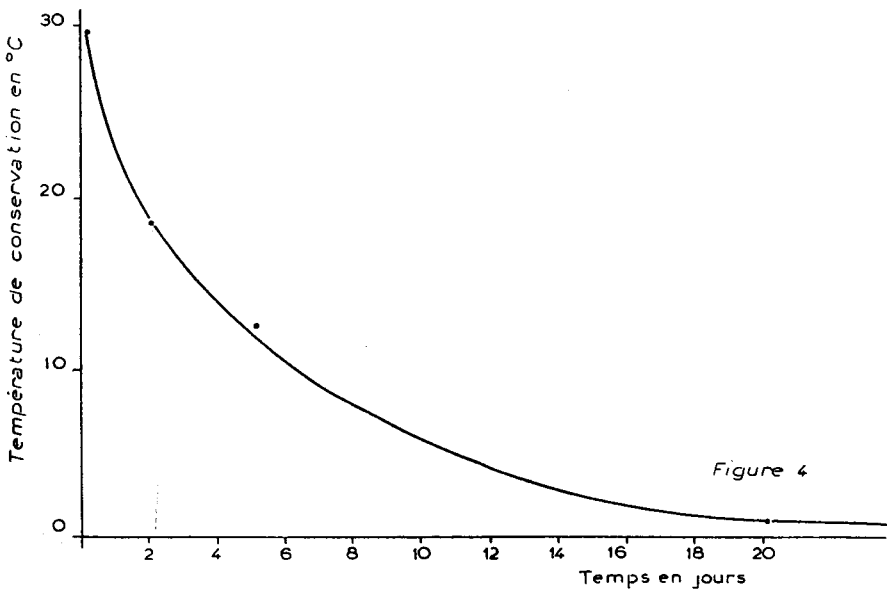


Diagramme Température - Temps pour une Tendreté déterminée

Le temps nécessaire pour atteindre une valeur de la Tendreté est, en gros, inversement proportionnel à la température de conservation.

Courbes établies d'après les résultats de COULTER dans BATE-SMITH (2).

nécessaires pour atteindre une tendreté donnée, selon la température de conservation (cf. courbe de la fig. 4).

Temps	Température
semaines	+ 0,6°C
5 jours	+ 12,8°C
2 jours	+ 18,3°C
quelques heures	+ 29,4°C

La congélation modifie-t-elle la tendreté ?

Ses résultats dépendent de la température de congélation et de la vitesse de congélation. L'action attendrissante de la congélation est plus grande par congélation rapide que par congélation lente. L'abaissement de la température de congélation augmente la tendreté (HINER et al. (27)). Dans une étude antérieure (25), les mêmes auteurs concluent que la température de $-23,3^{\circ}\text{C}$ est nettement suffisante en pratique, les congélations effectuées à des températures inférieures étant beaucoup trop coûteuses. TRESSLER et MURRAY (61) comparant la conservation normale à la congélation rapide à -18°C , concluent à une augmentation très sensible de la tendreté de la viande congelée.

Mais d'autres auteurs émettent des opinions différentes. Selon LAMPITT et al. (31), la congélation lente donne de la viande plus tendre que la congélation rapide, particulièrement chez le mouton. PAUL et al. (43) ne trouvent aucune différence entre la tendreté de la viande de bœuf congelée à $-17,4^{\circ}\text{C}$ et celle de « chilled beef » conservée à $+1^{\circ}\text{C}$. BULL et al. (11) partagent cet avis en ce qui concerne le porc. Les résultats de l'étude de RAMSBOTTOM et al. (46) sur l'influence de la congélation à des temps différents après abattage, ne montrent pas l'action attendrissante de la congélation.

La question s'est posée de déterminer la période de temps nécessaire, entre abattage et congélation, pour obtenir la tendreté maximum. Il semble que la congélation n'augmente pas la tendreté d'une viande déjà rassise (BRAY (7)). Les chiffres cités par RAMSBOTTOM et al. (46) donnent lieu à la même conclusion.

Découpe

Ces mêmes auteurs ont mis en évidence les faits suivants : Un muscle est moins tendre lorsqu'il est conservé isolé que lorsqu'il reste adhérent à la carcasse pendant la conservation. Les différences ont tendance à s'atténuer avec le temps, mais elles restent sensibles. Ils concluent « que les stimulations des cellules musculaires et nerveuses par la découpe qui suit l'abattage, influencent la tendreté » (fig. 5).

Cuisson

Stade final de la chaîne de transformation de la viande, il est un des plus importants.

La durée de cuisson, la température du four et surtout la température interne du morceau sont susceptibles de provoquer de grandes variations dans la tendreté.

Une méthode de cuisson détaillée a été établie par le « Meat Cooking Committee of the Cooperative Meat Investigations ». La plupart des auteurs américains l'utilisent (COVER (13)).

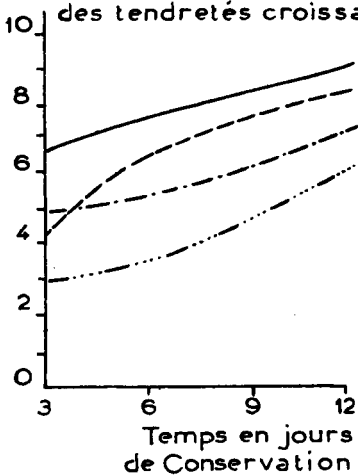
Selon LEHMANN (32), la tendreté du faux-filet ne change pas, qu'il soit cuit 30 minutes ou 3 heures alors que, dans ces conditions, celle du flanchet augmente. SATORIUS et CHILD (53) trouvent que la tendreté du Semimembranosus augmente jusqu'à une température interne de 67°C , puis diminue. Il en est de même de celle du Longissimus Dorsi pour lequel la température « critique » est de 58°C .

L'étude plus générale de la tendreté de la musculature du bœuf de RAMSBOTTOM et al. (47-48), indique que la plupart des muscles (70 p 100) durcissent à la cuisson.

Dans leur ensemble, les résultats des travaux sur l'influence de la cuisson sur la tendreté sont assez incohérents. Il serait souhaitable de reprendre cette étude d'une manière systématique et d'établir la part qui revient à chacun de ces facteurs (température, durée...). D'autre

part, il serait intéressant, en complément à la méthode américaine qui cuit tous les muscles de la même façon, plus exactement à la façon des rôtis, de préciser les conditions de cuisson des morceaux de II^e et III^e catégorie (viande à braiser et pot-au-feu).

Indice de dégustation
L'échelle est dans l'ordre
des tendretés croissantes



Indice mécanique en livres anglaises

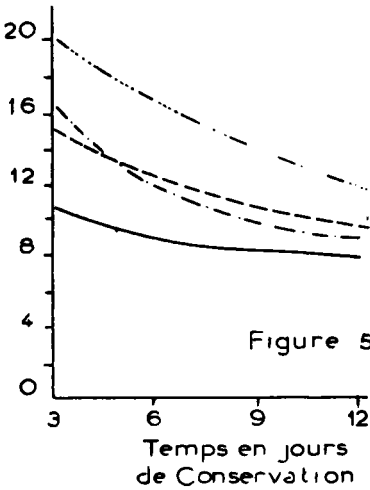


Figure 5

Influence de la découpe sur la Tendreté D'après RAMSBOTTOM (46)

- Muscle adhérent à la carcasse pendant la conservation — animaux jeunes, de très bonne qualité.
- „ „ „ „ — animaux âgés, de moins bonne qualité.
- - - - - Muscle isolé après abattage — animaux jeunes, de très bonne qualité.
- „ „ „ „ — animaux âgés, de moins bonne qualité.

Noter le parallélisme entre les résultats fournis par l'indice de dégustation et l'indice mécanique (qui est d'autant plus élevé que la viande est plus dure). RAMSBOTTOM est l'auteur qui a trouvé la plus forte corrélation (0,9) entre les notes données par les deux méthodes. Il utilise l'appareil de WARNER-BRATZLER.

FACTEURS DIVERS

Un certain nombre d'autres facteurs n'interviennent qu'au stade de la mesure de la tendreté, soit dans l'échantillonnage, soit dans la mesure elle-même.

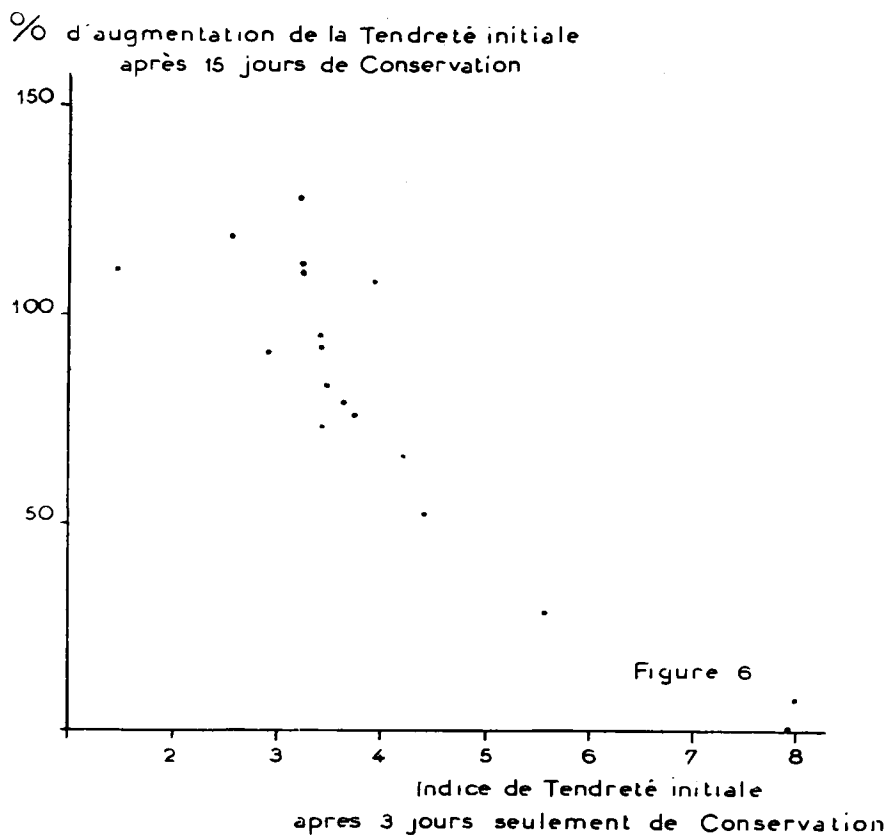
Le choix du muscle est important. Les muscles, dont les tendretés sont très différentes (fig. 1), semblent avoir des réactions différentes, propres à chacun d'eux, vis-à-vis des facteurs que nous venons d'étudier, réactions très intéressantes mais qui, jusqu'ici, n'ont pas été élucidées. En voici un exemple :

On sait que, pour le Longissimus Dorsi, l'augmentation de tendreté résultant de la conservation est, en gros, inversement proportionnelle à la tendreté initiale (fig. 6). La pratique indique qu'il paraît en être de même pour les divers muscles. Les muscles les plus durs présenteraient les augmentations de tendreté les plus grandes, à la fin de la conservation. Mais le fait n'a jamais été démontré, ni rigoureusement établi.

La partie du muscle sur laquelle on mesure la tendreté est à considérer. La tendreté varie dans le muscle d'une extrémité à l'autre. Ces variations, souvent de faible amplitude, peuvent atteindre 30 p 100 dans certains muscles, le Longissimus Dorsi par exemple (4). Tableau 6.

(4) Ce point est intéressant à noter, car l'on sait que le Longissimus Dorsi est le muscle le plus utilisé comme matériel d'étude dans toutes les recherches américaines sur la viande.

Enfin, il est jusqu'au sens dans lequel on mesure la tendreté d'un muscle (parallèlement ou perpendiculairement aux fibres musculaires) qui joue un rôle, lors de la mesure mécanique par les appareils du type tranchant. C'est le cas, rappelons-le, de l'appareil le plus utilisé actuellement : le « Warner Bratzler Shear apparatus ».



Variation de la Tendreté
en fonction de la Tendreté initiale

Graphique établi d'après les résultats de HUSAINI

On saisit toute l'importance à donner à chacun des facteurs de variation « contrôlables » qui apparaissent être, à plus d'un titre, des paramètres de l'Indice de Tendreté. Et l'on constate déjà la complexité de l'étude de l'action des facteurs d'élevage sur la tendreté. Mais il y a plus.

Ces facteurs d'élevage agissent à des titres divers sur la tendreté. Mais ils agissent bien entendu simultanément. L'importance de l'action de chacun est difficile à déterminer. C'est ce qui explique des résultats strictement opposés que nous trouvons dans la littérature. Nous ne pouvons donner, dans la plupart des cas, que l'indication d'une tendance. Et cette tendance n'a, à notre avis, pour le moment, que la valeur d'une hypothèse de travail.

TABLEAU VI

Variation de la tendreté à l'intérieur du muscle

Muscle	Régions du muscle	Indice mécanique en livres anglaises
Biceps femoris	Origine	7,5
	Milieu	9,1
	Insertion	10,8
Latissimus dorsi	Origine	11,2
	Milieu	12,5
	Insertion	13
Longissimus dorsi	Extrémité postérieure	8,3
	Milieu	8,3
	Extrémité antérieure	10,7
Multifidis dorsi	Extrémité postérieure	6,9
	Milieu	8
	Extrémité antérieure	9,2

Influence des facteurs d'élevage sur la tendreté*Age*

La pratique montre que la tendreté diminue avec l'âge. C'est aussi l'opinion de la plupart des auteurs (fig. 7).

SATORIUS et CHILD (53) par exemple, constatent que l'indice mécanique qui, dans leurs expériences, traduit la dureté, passe de 18 pour les bouvillons à 28 pour les vaches.

HELSEY et al. (24) cependant, trouvent que la viande de veau est plus dure que celle d'animaux plus vieux. HINER et HANKINS (26), qui ont étudié récemment la variation de la tendreté avec l'âge, concluent que seule la différence de tendreté entre viande de veau et viande de vaches de 6 ans est significative.

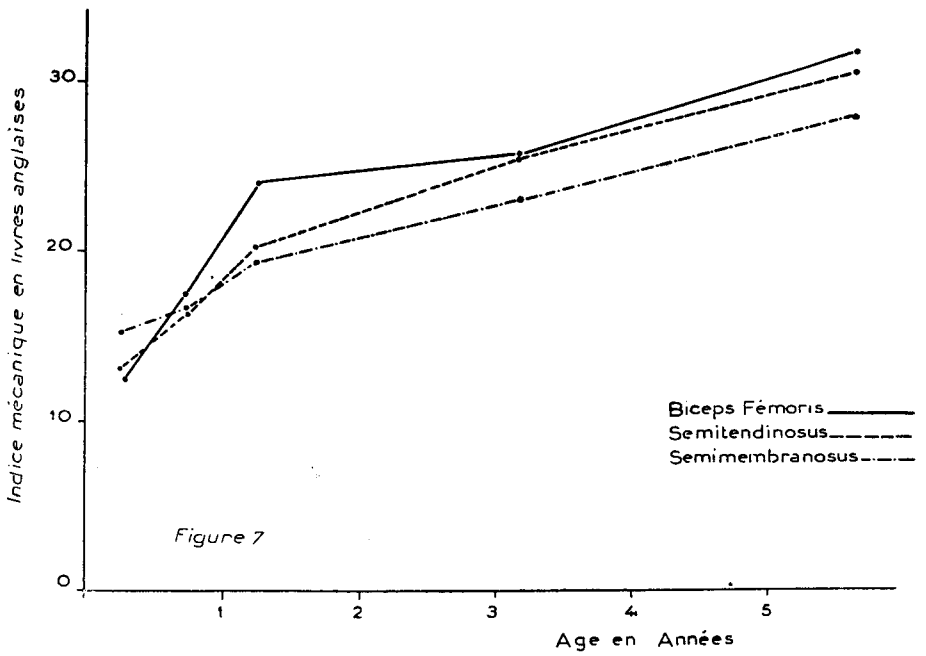
Leurs travaux montrent également que les différences de tendreté entre muscles ont tendance à s'accroître avec l'âge (fig. 8) ce qui confirme nos données relatives à la restriction de la découpe dans les animaux âgés.

Etat d'engraissement

Les résultats sont contradictoires. Pour certains, le « fini » caractérisé par un bon engraissement et par l'infiltration des lipides dans le muscle (persillé), augmente la tendreté. Selon HELSEY (24), l'engraissement d'un bœuf augmente la tendreté du Longissimus Dorsi d'environ 30 p 100. MACKINTOSH et al. (35-36) indiquent que les changements de tendreté sont associés aux variations de persillé. SATORIUS et CHILD (53) partagent cet avis. Voici quelques-uns de leurs résultats :

	Adductor	Triceps Brachii	Longissimus Dorsi
Indice mécanique	26,84	20,27	17,93
Lipides en %	3,49	4,26	6,26

D'autres auteurs pensent, au contraire, qu'il n'y a aucune corrélation entre l'état d'en-

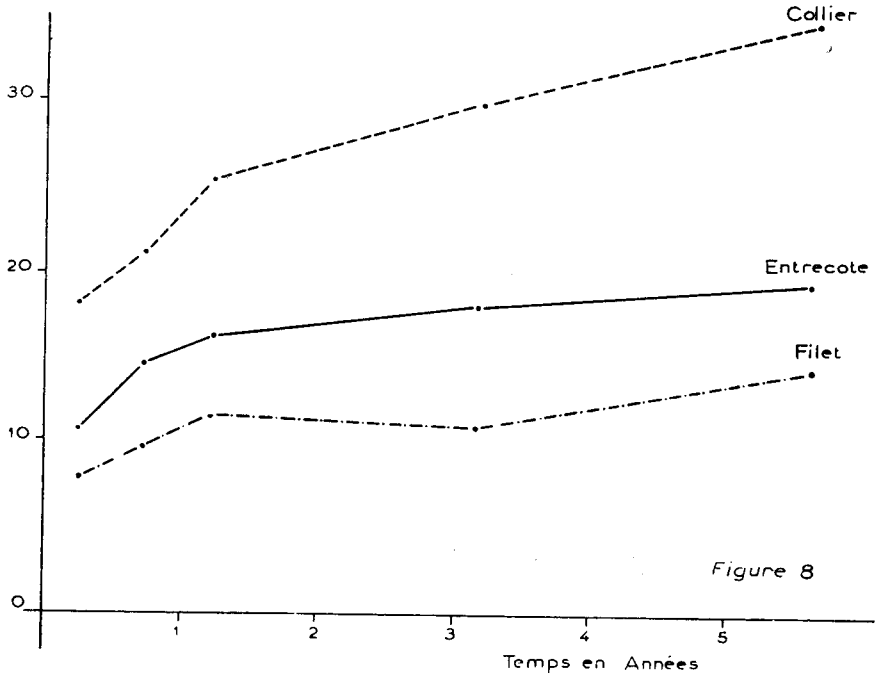


Variation de la Tendreté avec l'Age

La dureté de la viande (qui se traduit par des indices mécaniques croissants) augmente avec l'âge. Les courbes des 3 muscles, dont les indices initiaux sont très voisins, sont semblables. Comparer avec la figure 8.

Courbes établies d'après les chiffres donnés par HINER et HANKINS (26).

Indice mécanique du muscle, en livres anglaises



Variation de la Tendreté avec l'âge

La dureté augmente avec l'âge. Noter que les différences entre morceaux à cet égard s'accroissent. Graphique établi d'après HINER et HANKINS (26).

graissement, le fini, le persillé et la tendreté : COVER et al. (14) chez le mouton ; HANKIN^S et ELLIS (22), HUSAINI (30), RAMSBOTTOM et al. (48) chez le bœuf.

Lipides musculaires %	Indice mécanique	
8,3	8,3	Résultats de RAMSBOTTOM et al. (48)
6,5	8	
4,5	8,9	

HANKINS et ELLIS (22) concluent : « Il est très vraisemblable que les variations de tendreté soient dues à d'autres facteurs que l'état d'engraissement ».

Exercice

MITCHEL et HAMILTON (40) trouvent que l'exercice sous forme de marche augmente la tendreté.

BULL et RUSK (10) précisent que la marche relativement courte (6 km/jour) est sans action sur la tendreté, alors que les marches longues (15 km/jour) augmentent la tendreté de la viande.

LEIGHTON et DOUGLAS (3) établissent par contre que l'exercice augmente la dureté. C'est probablement ce qui se passe quand l'exercice prend la forme de trait.

Autres facteurs

BLACK, WARNER et al. (5) signalent que la viande d'animaux d'herbe (qui sont pourtant soumis à un certain exercice naturel) est plus dure que celle des animaux d'auge.

Le rôle possible des facteurs génétiques est indiqué par WARNER et ALEXANDER (66) et par les rapports du B. A. I. (49-50-51).

Nos connaissances sont insuffisantes, mal établies. Le problème reste entier. L'étude systématique de l'influence des facteurs d'élevage sur la tendreté est à reprendre d'une façon détaillée.

VI. — MÉTHODES D'ATTENDRISEMENT DE LA VIANDE

Un certain nombre de méthodes sont utilisées pour augmenter la tendreté de la viande après l'abattage. La plupart tirent profit des variations « post-mortem » de la tendreté.

Nous croyons utile, pour être complet, de les étudier rapidement et d'en donner les principales caractéristiques.

Conservation

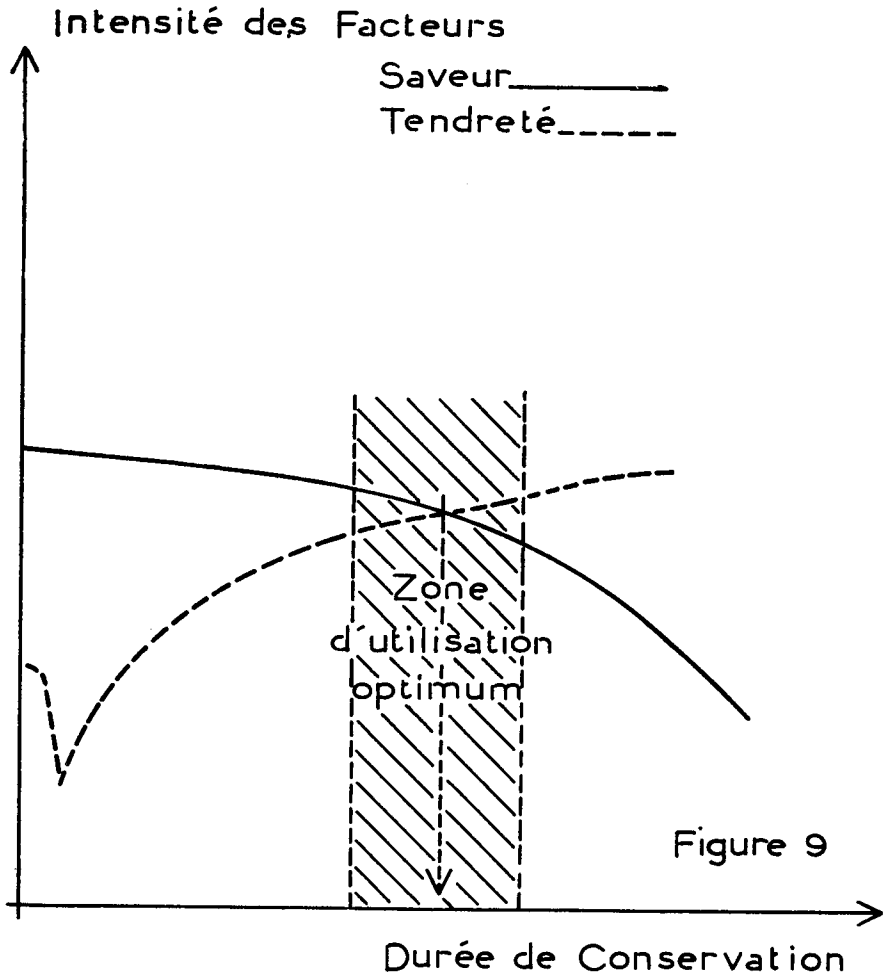
La viande conservée à basse température (0, + 4°C) s'attendrit. La durée de conservation peut être de plusieurs semaines (de 2 à 6 semaines aux Etats-Unis). En pratique, on limite la conservation à 15 jours.

La viande devient rassise ou, plus justement, mûre. Les transformations que subit le muscle correspondent à des « différences dans l'appréciation culinaire des viandes » (BIDAULT (4)), à une véritable maturation. La saveur et l'odeur perdent de leur intensité avec le temps, au fur et à mesure que la tendreté augmente (fig. 9). Une conservation de 15 jours assure une tendreté et une saveur suffisante.

Ce procédé ne peut s'appliquer qu'aux bonnes carcasses suffisamment couvertes. On note des pertes, des accidents microbiens dans les moins bonnes. La couverture grasseuse présente des altérations.

Mais ce procédé simple a de nombreux inconvénients économiques :

- coût de la réfrigération ;
- intérêt du capital investi dans la viande ;
- perte de poids ;
- variation de la couleur de la viande ;
- épiluchage important au moment du parage, car la viande se « fane ».



Maturation de la Viande

Noter les variations, en sens inverse, de la tendreté et de la saveur. L'utilisation optimum se situe, en gros, après 15 jours de conservation (pour une température de conservation de 0 à + 4°C).

Procédé Tenderay

Pour parer ces inconvénients, on peut augmenter la vitesse de maturation en utilisant une température de conservation plus élevée. C'est la base du procédé Tenderay.

L'application d'une température de + 15,6°C pendant 3 jours amène une augmentation de tendreté comparable à celle qu'on obtient après 3 semaines de conservation à + 1°C.

En pratique, on soumet la viande pendant 48 heures à + 15°C. On la conserve ensuite jusqu'à utilisation à + 1,6°C (Mc KARTHY et KING (34)).

Mais quand on augmente la température, les risques de pertes par développement microbien augmentent (1). On soumet les carcasses à l'action des ultra-violets. Ces radiations tuent les microorganismes de l'air et ceux qui se trouvent à la surface de la viande. L'action directe des ultra-violets est complétée par la coagulation très légère qui se produit en surface, trop

(1) La rancidité également.

légère pour agir sur l'aspect ou le goût, mais qui est suffisante pour réduire les pertes et diminuer l'évaporation de l'eau de la carcasse (EWELL (17)).

En outre, l'adjonction d'ozone, à faible concentration, dans l'air ambiant, assure l'inhibition de la croissance des microbes sur les parties de carcasses qui ne reçoivent pas directement les ultra-violets (EWELL (18)).

Dans ces conditions, les pertes sont infimes (PORTER (44)).

Procédé Birdseye de congélation rapide

La viande congelée rapidement à très basses températures (de -23°C à -40°C) s'attendrit. On adopte la température de -23°C , celle de -40°C étant beaucoup trop coûteuse à produire.

La *congélation rapide*, qui se pratique sur des *morceaux isolés*, évite la perte à la décongélation (car les cristaux de glace formés sont intrafibrillaires). BATE-SMITH (2) croit pouvoir tirer les mêmes avantages d'une congélation pratiquée à une vitesse quelconque, mais à pH supérieur ou égal à 6,3. A ce pH, les pertes à la décongélation sont faibles, en raison du fort pouvoir absorbant des protéines. Il pense qu'on pourrait généraliser l'emploi de la congélation lente à des carcasses entières en congelant aussitôt après l'abattage ou en diminuant le taux de glycogène de l'animal avant son sacrifice (ce qui éviterait un abaissement du pH).

Utilisation des enzymes protéolytiques

L'emploi des enzymes protéolytiques s'est développé aux États-Unis (utilisation de la broméline et surtout de la papaïne). D'après RAMSBOTTOM et RINEHART (45), sur les 100 tonnes de papaïne importées aux États-Unis en 1938 (contre 23 tonnes en 1932), la plus grande partie est utilisée pour attendrir la viande. Mais il semble, d'après GOTTSCHALL et KIES (20), que la papaïne, comme les autres enzymes d'ailleurs, soit d'un emploi délicat à l'usage domestique, en raison de son faible pouvoir de pénétration dans la viande et de sa thermolabilité.

Les appareils mécaniques ou attendrisseurs

Ce sont des appareils à lames multiples qui incisent la viande perpendiculairement aux faisceaux musculaires.

Tour à tour tolérés, puis prohibés, selon les règlements en vigueur, ils sont « l'objet classique » de l'arrière-boutique.

Leur nettoyage est difficile. « L'hygiène les condamne » (MARTEL (37)).

VII. — NATURE DE LA DURETÉ DE LA VIANDE IMPORTANCE DE LA NOTION DE STRUCTURE

Quelle explication donner de la dureté de la viande ? Quel facteur de base la détermine ? Les opinions à ce sujet sont fort diverses. « On n'est pas d'accord sur la nature de la dureté de la viande, quoique les trois constituants : fibre musculaire, tissu conjonctif et gras, jouent un rôle », écrit MEARA (38).

Un certain nombre de théories explicatives ont été proposées. On peut les classer en 4 grands groupes. Selon le facteur responsable choisi par les auteurs, on distingue les théories qui font intervenir :

- 1^o la notion et l'importance du tissu conjonctif ;
- 2^o le taux et la répartition du gras ;
- 3^o le grain de la viande ;
- 4^o la « qualité » de la fibre musculaire.

Les trois premières sont assez liées entre elles, comme nous allons le voir.

Bien entendu, chacune de ces théories n'explique parfaitement le problème et nombre de points leur échappent. La faveur dont elles ont joui au moment de leur publication, diminue sans cesse à la lumière des faits nouveaux (1).

Et, comme c'est souvent le cas, ces explications se complètent, plutôt qu'elles ne s'opposent.

(1) La faiblesse de leur assise réside pour une grande part dans l'insuffisance des méthodes adoptées par les auteurs dans leurs travaux, dans un mauvais contrôle des conditions expérimentales (HUSAINI (30)).

Il est vraisemblable qu'une explication rationnelle de la dureté de la viande procède de toutes, à des titres divers.

Nature et importance du tissu conjonctif

Selon LEHMANN (32), MITCHELL et al. (39), c'est le tissu conjonctif (principalement le collagène) qui est responsable de la dureté de la viande.

Tissu d'emballage, il enserre le muscle et ses faisceaux et présente à la coupe une certaine résistance (1). La perception de cette résistance traduit la dureté de la viande.

De nombreux auteurs partagent cet avis.

Mais le tissu conjonctif n'est pas le facteur unique, responsable de la dureté, car :

— L'augmentation de la tendreté qui se produit pendant la conservation ne s'accompagne d'aucune variation importante du tissu conjonctif (WINKLER (67)). STEINER (56), qui est arrivé à dissocier les effets du conjonctif et de la fibre musculaire sur la tendreté (en pratiquant des mesures parallèlement ou perpendiculairement au grain), conclut que l'augmentation de tendreté pendant la conservation est due exclusivement à une modification de la fibre.

— La cuisson durcit la viande, alors que le collagène disparaît et que la part qui revient au conjonctif dans la dureté diminue considérablement.

Taux et répartition du gras

Par dépôt de gras dans le tissu conjonctif, les fibres de collagène sont dissociées, écartées, certaines même brisées. Elles deviennent plus friables à la mastication (HIRZEL (29)). Le taux de gras et sa répartition conditionneraient la tendreté de la viande.

Le facteur gras s'opposerait au facteur conjonctif. On explique ainsi la tendreté (relative d'ailleurs) des viandes d'animaux âgés, mais bien engraisés. L'action du gras compenserait l'augmentation de dureté, résultant de l'augmentation du conjonctif avec l'âge.

Mais comme nous l'avons vu, les résultats des travaux portant sur les rapports tendreté-état d'engraissement sont contradictoires. Cela tient surtout au fait que le problème n'est pas étudié sous son véritable aspect, qui est la structure même des tissus gras et les rapports intimes gras-fibres conjonctives. Les auteurs se bornent à doser les lipides. RAMSBOTTOM (48) l'a bien compris, lui qui, après avoir démontré qu'il n'existait pas de corrélation entre le taux de lipides musculaires et la tendreté, écrit : « Les différences de teneur en conjonctif, associé au persillé, peuvent expliquer pourquoi il n'était pas possible d'établir un rapport positif entre persillé et tendreté ».

À notre avis, c'est plus un problème de structure que de composition. La répartition ici semble plus importante que le taux.

Grain de la viande

Certains pensent qu'il existe une corrélation entre la dureté et le diamètre des fibres et des faisceaux (MORAN et SMITH (41) ; BRADY (6) ; HAMMOND (21)).

Pour les uns, c'est le diamètre de la fibre qui est le plus important. Plus la fibre est fine, plus la viande est tendre. SATORIUS et CHILD (53) trouvent, par exemple, que de gros faisceaux de fibres fines sont plus tendres que de plus fins à grosses fibres.

HAMMOND (21) établit une corrélation entre la tendreté et la finesse de la fibre de + 0,71, et entre la tendreté et la finesse de faisceau, de + 0,33.

Mais RAMSBOTTOM et al. (46-48) ont établi une liaison entre la tendreté et la taille des faisceaux. À la suite de ces travaux, on peut dire que le taux de conjonctif et la taille des faisceaux sont des facteurs parallèles. Le tissu conjonctif d'un muscle finement grainé est plus également réparti et ne gêne pas la mastication. Dans les muscles grossiers, il est réparti en gros paquets, plus difficilement dissociables.

On serait tenté de ramener le problème du grain de la viande (finesse des fibres et des faisceaux) à celui du taux de conjonctif et de sa répartition. Mais en l'absence de mesure de la finesse de la fibre contrôlée par une détermination parallèle du conjonctif, la part de chacun est encore difficile à faire.

Qualité de la fibre

Le terme de qualité est bien imprécis. Nous l'empruntons à SWEETMAN (58). Entendons par là l'ensemble des caractères de la fibre, en dehors de sa taille, en particulier, la densité du

(1) En rapport sans doute avec sa structure.

sarcoplasme. BEARD (3), le premier, indique que les muscles les plus durs ont le sarcoplasme le plus dense, tandis que les plus tendres ont le sarcoplasme le plus « léger ».

DEATHERAGE (15) pense que le plasma musculaire est un facteur important dans la dureté. HUSAINI (30) précise que les changements post-mortem du plasma étant beaucoup plus prononcés que ceux du tissu conjonctif, il est probable que les changements initiaux du plasma musculaire (qui tendent à le diminuer) sont responsables de l'augmentation de tendreté.

Rôle et importance de la structure dans la tendreté

Plusieurs facteurs semblent provoquer la dureté de la viande. Leur importance relative est encore difficile à préciser.

Il y a lieu, croyons-nous, d'émettre une théorie de synthèse qui tienne compte des données que nous possédons et qui serve de base à tout travail concernant ce problème.

Une notion importante ce dégage de cette étude, celle de structure.

Aussi bien la structure du tissu musculaire (comme l'ont confirmé les travaux récents de RAMSBOTTOM, 46) que la structure de ses constituants chimiques, protidiques en particulier, sont sans doute des facteurs responsables de la dureté de la viande.

Les phénomènes d'orientation sont à la base de la résistance des éléments auxquels ils s'appliquent. Ils caractérisent aussi bien le tissu conjonctif que le tissu musculaire. Il se peut qu'un certain nombre de causes extérieures (âge, travail...) modifient les arrangements des chaînes moléculaires et influent sur la tendreté.

Ce qui est sûr, c'est que les modifications post-mortem qui amènent une diminution de la dureté procèdent, toutes, d'un changement de structure (dénaturation des protéines du muscle, hydrolyse partielle du collagène, etc...).

La structure, selon nous, est beaucoup plus importante que la composition. Nous pensons que l'étude du problème de la tendreté doit se faire jusqu'à l'échelle sub-microscopique, en complément et en parallèle des méthodes physiques, chimiques et histologiques, macro et microscopiques. Ne faut-il pas voir dans l'insuffisance des méthodes, dans la non-confrontation de leurs résultats, la cause de notre ignorance, la raison de tant de contradictions ?

CONCLUSION

La tendreté est le facteur limitant de l'utilisation culinaire d'un muscle donné.

Si le problème de la tendreté se pose avec une telle acuité, c'est parce que l'évolution des goûts du consommateur nous pousse de plus en plus à rechercher les morceaux vite cuits et qu'on ne peut trouver, dans la musculature de l'animal, la quantité sans cesse croissante de morceaux à rôti et à griller qu'exige le consommateur.

Nos connaissances sur la tendreté sont assez fragmentaires. Retenons cependant son caractère de variabilité. Sous l'influence de facteurs externes, la tendreté varie dans de très larges limites.

Les facteurs post-mortem modifient considérablement la tendreté, beaucoup plus que les facteurs d'élevage.

La solution à donner au problème de la tendreté doit se trouver dans l'application de traitements adéquats des carcasses. L'étude des agents susceptibles de modifier les structures est à entreprendre.

Mais il importe tout d'abord de préciser toutes les données de la question, par l'emploi de méthodes rationnelles de mesure et d'observation, jusqu'à l'échelle sub-microscopique.

L'étude de la tendreté pose d'abord un problème de méthodes.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) ADAMETZ (L.). — *Landw. Jahrb.*, **17**, p. 577, 1888.
- (2) BATE-SMITH (E. C.). — *Physiology and chemistry of Rigor Mortis. Advances in Food Research* **1**, 1-38, 1948.
- (3) BEARD (F. J.). — *A study of tough and tender meat. Iowa State Coll.*
- (4) BIDAUT (C.). — *Conservation de la viande et du poisson. (Baillière, Paris), 1927.*
- (5) BLACK, WARNER (K. F.), et WILSON (C. V.). — *Beef production and quality as affected by grade of steer and feeding grain supplement on grass. U. S. Dept. Agric. Tech. Bul.*, **217**, 1931.
- (6) BRADY (D. E.). — *A study of the factors influencing tenderness and texture of beef. Proc. Amer. Soc. An. Prod.*, **30**, 246-249, 1937.

- (7) BRAY (R. W.), VAIL (G. E.) et MACKINTOSH (D. L.). — Influence of freezing on tenderness in « aged » beef. *J. Anim. Sci.*, **1**, 81, 1942.
- (8) BREWSTER (J. A.). — The quick-freezing of beef in quarters : commercial engineering and biological aspects. *Proc. Inst. Refrig.*, **40**, 133-148, 1944.
- (9) BULL (S.), OLSON (F. C.) et LONGWELL (J. H.). — Effects of sex, length of feeding period and a ration of ear corn silage on the quality of baby beef. *Illinois Agr. Exp. Sta. Bull.*, **355**, 1930.
- (10) BULL (S.) et RUSK (H. P.). — Effect of exercise on quality of beef. *III. Agr. Exp. Sta. Bull.*, **488**, 1942.
- (11) BULL (S.), WOODRUFF (S.) et ROGOSHESKI (E.). — A preliminary study of the use of frozen meats. *U. S. Conf. coop. Meat Investigations*. Rent. Rev. Comm., **2**, Pork, 1937.
- (12) CALLOW (E. M.). — Ann. Rept. Food Invest. Bd. in Bate-Smith. Physiology and chemistry of Rigor Mortis. *Advances in Food Res.*, **1**, 1-38, 1948.
- (13) COVER (S.). — The effect of temperature and time of cooking on the tenderness of roasts. *Texas Agr. Exp. Sta. Bul.*, **542**, 1937.
- (14) COVER (S.), MACKLEY (A. K.), MURPHEY (C. R.), MILLER (J. C.), BASS (H. T.), BELL (C. L.) et HAMALAINEN (C.). — Effect of fatness on tenderness of lambs. *Texas Agr. Exp. Sta. Bul.*, **661**, 1944.
- (15) DEATHERAGE et REIMAN. — *Food Res.*, *U. S. A.*, **II**, 525-534, 1946.
- (16) DUBUISSON. — Les protéines musculaires. *Exposé annuel de Biochimie médicale*, **9**, 1-72, 1948.
- (17) EWELL (A. W.). — New development in the use of ultra-violet light in food storage. *Refrig. Eng.*, **37**, 27- 8, 1939.
- (18) EWELL (A. W.). — The tenderizing of beef. *Refrig. Eng.*, **39**, 237, 1940.
- (19) Von FURTH (D.). — *Ergeb. Physiol.*, **17**, 363, 1919.
- (20) GOTTSCHALL (G. Y.) et KIES (M. W.). — Digestion of beef by papain. *Food Res.*, **7**, 373-381, 1942.
- (21) HAMMOND (J.). — Growth and development of mutton qualities of sheep. (Oliver et Boyd, London), 1932.
- (22) HANKINS (O. G.) et ELLIS (N. R.). — Fat in relation to quantity and quality factors of meat animals carcasses. *Proc. Amer. Soc. An. Prod.*, **32**, 314-319, 1939.
- (23) HANKINS (O. G.) et HINER (R. L.). — Freezing makes beef tenderer. *Food Inds.* **12**, 49-51, 1940.
- (24) HELSER (M. D.), NELSON (P. N.) et LOWE (B.). — Influence of the animal's age upon the quality and palatability of beef. *Iowa Agr. Exp. Sta. Bul.*, **272**, 1930.
- (25) HINER (R. L.) et HANKINS (O. G.). — Tenderness of beef as affected by aging with and without subsequent freezing. *Refrig. Eng.*, **42**, 172-198, 1941.
- (26) HINER (R. L.) et HANKINS (O. G.). — The tenderness of beef in relation to different muscles and age in animal. *J. Animal Sci.*, **9**, 347-353, 1950.
- (27) HINER (R. L.), MADSEN (L. L.) et HANKINS (O. G.). — Histological characteristics. tenderness and drip losses in beef in relation to temperature of freezing. *Food. Res.*, **10**, 312-324.
- (28) HINES (H. M.) et KNOWLTON (G. G.). — Effect of age upon the cellular phases of skeletal muscle. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **42**, 133-135, 1939.
- (29) HIRZEL (R.). — *Onderstepoort J. Vet. Sci. Ind.*, **12**, 2, 377-550, 1939.
- (30) HUSAINI (S. A.), DEATHERAGE (F. T.) et KUNKLE. — Studies on meat. II. Observations on relation of biochemical factors to change in tenderness. *Food Technol.*, **4**, **8**, 313-316, 1950.
- (31) LAMPITT (L. K.) et MORAN (T.). — The palatability of rapidly frozen meat. *J. Soc. Chem Ind.*, **32**, 143, 1933.
- (32) LEHMAN (K. B.). — *Arch. Hyg.*, **63**, 134-179, 1907.
- (33) LEIGHTON (G.) et DOUGLAS (L.). — The meat industry and meat inspection. London III, 827-843, 1910.
- (34) MCCARTHY et KING. — Chemical changes accompanying tenderization of beef. *Food. Res.*, **7**, 295-299, 1942.
- (35) MACKINTOSH (D. L.). — *U. S. Conf. Coop. Meat Investigations*. Rept. Rev. Comm., 1937, **I**, Methods, 1935.
- (36) MACKINTOSH (D. L.), HALL (J. L.) et VAIL (G.). — *Proc. Amer. Soc. An. Prod.*, **29**, 285-289, 1936.
- (37) MARTEL (H.). — Les viandes. Qualités et catégories (Ed. Lajeunesse, Paris), 1937.
- (38) MEARA (P. J.). — *Onderstepoort J. Vet. Sci. An. Ind.*, **21**, 2, 467-482, 1947.
- (39) MITCHELL (H.H.) et HAMILTON (T. S.). — *Illinois Agr. Exp. Sta. Rept.*, 1927-1928.
- (40) MITCHELL (H. H.) et HAMILTON (T. S.). — Effects of long continued muscular exercise upon the chemical composition of the muscles and other tissues of beef cattle. *J. Agric. Res.*, **46**, 917, 1933.

- (41) MORAN (T.) et SMITH (E. C.). — Postmortem changes in animal tissues the conditioning or ripening of beef. *Dept. Sci. Ind. Research (Brit.)*. Food. Invest. Board Special Rpt., 36, 1929.
- (42) PAUL (P.), LOWE (B.) et Mc CLURG (B. R.). — Changes in histological structure and palatability of beef during storage. *Food Res.*, **9**, 221-233, 1944.
- (43) PAUL (P.) et CHILD (A.). — Effect of freezing and thawing beef upon press fluid, losses and tenderness. *Food Res.*, **2**, 425-531, 1937.
- (44) PORTER (T. R.). — Ultra-violet finds new applications. *Food. Indust.*, **12**, 7, 51-53, 1940.
- (45) RAMSBOTTOM (J. M.) et RINEHART. — Meat-packer puts fruit enzyme to work. *Food Indust.*, **12**, 6, 45-47, 1940.
- (46) RAMSBOTTOM (J. M.) et STRANDINE (E. J.). — Initial physical and chemical changes in beef as related to tenderness. *J. Animal Sci.*, **8**, 3, 398-410, 1949.
- (47) RAMSBOTTOM (J. M.) et STRANDINE (E. J.). — Comparative tenderness and identification of muscles in the wholesale beef cuts. *Food Res.*, **13**, 315-30, 1948.
- (48) RAMSBOTTOM (J. M.), STRANDINE (E. J.) et KOONZ (C. N.). — Comparative tenderness of representative beef muscles. *Food Res.*, **10**, 497-509, 1945.
- (49) REPORT (B. A. I.). — Meat Investigations. *Rept. Chief B. A. I. U. S. Dept. Agric.*, 1939.
- (50) REPORT B. A. I. — Animal breeding and meat research. *Rept. Chief B. A. I., U. S. Dept. Agric.*, 1937.
- (51) REPORT B. A. I. — Meat investigations. *Rept. Chief B. A. I. U. S. Dept. Agric.*, 1941.
- (52) ROBERTSON (D. D.) et BAKER (D. D.). — *Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 200, 1933.
- (53) SATORIUS et CHILD. — Effect of cut, grade and class upon palatability and composition of beef roasts. *Minnesota Agr. Exp. Sta. Bul.*, 131, 1938.
- (54) SMORODINTSEV (I. A.) et NIKOLAEVA (N. V.). — *Compt. Rend. Acad. Sci., U. R. S. S., N. S.* 3, 375, 1936.
- (55) SMORODINTSEV (I. A.) et NIKOLAEVA (N. V.). — *Compt. Rend. Acad. Sci., U. R. S. S.,* **34**, 233, 1942.
- (56) STEINER (G.). — *Arch. f. Hyg.*, **121**, 193-206., 1939.
- (57) STRANDINE (E. J.), KOONZ (C. N.) et RAMSBOTTOM (J. N.). — A study of variations in muscle of beef and chicken. *J. Animal Sci.*, **8**, 483-494, 1949.
- (58) SWEETMAN (M. D.). — Food Preparation (John Wiley et Sons, N. Y.), 1937.
- (59) SZENT-GYORGH (A.). — Studies on muscle. *Acta Physiol. Scand.*, **9**, suppl. XXV, 1945.
- (60) SZENT-GYORGH (A.). — The structure and chemistry of muscle. *Proceed. 4th Research Conf. Amer. Meat Inst.*, 22-26, 1952.
- (61) TERROINE (E. F.). — *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, **6**, 3, C 157, 1952.
- (62) TRESSLER (D. F.), BIRDSEYE (C.) et MURRAY (W. T.). — Tenderness of meat. I. Determination of relative tenderness of chilled and quick frozen beef. *Indust. Engin. Chem.* **24**, 242-5, 1932.
- (63) TRESSLER (D. K.) et MURRAY (W. T.). — Tenderness of meat. II. Determination of period of aging grade A beef required to produce a tender quick frozen product. *Industr. Engin. Chem.*, **24**, 890-892, 1932.
- (64) VOLODKEWICH. — Apparatus for measurements of chewing resistance or tenderness of foodstuffs. *Food Res.*, **3**, 221-225, 1938.
- (65) WARNER (K. F.). — Progress report of the mechanical test for tenderness of meat. *Proceed. Amer. Soc. An. Prod.*, **21**, 114-116, 1928.
- (66) WARNER (K. F.) et ALEXANDER (L. M.). — Lamb becomes more tender when ripened by period of storage. *Yearbook of Agric. U. S. Dep. Agric.*, 260-263, 1932.
- (67) WINKLER (C. A.). — Tenderness of meat. I. A recording apparatus for its estimation and relation between pH and tenderness. *Canad. J. Res.*, **17 D**, 8, 1939.

Le Directeur-Gérant : B. LAFLAVIÈRE.