

Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes

C. TOURAILLE

Station de Recherches sur la Viande

INRA Theix

63122 Saint-Genès-Champanelle

RÉSUMÉ – Après avoir rappelé la définition de la qualité, et en avoir précisé les différents aspects en ce qui concerne les aliments, nous décrirons les qualités organoleptiques, leur importance pour le consommateur, et leurs méthodes de mesure : sensorielles et physico-chimiques.

La seconde partie sera consacrée à la description du muscle strié des mammifères (composition, structure et types de fibres) puis à son évolution *post-mortem*, sa transformation en viande et sa maturation.

Nous aborderons ensuite les relations entre les qualités organoleptiques (couleur, tendreté, jutosité et flaveur) et les caractéristiques musculaires, en dégageant l'importance respective des facteurs *ante* et *post mortem*.

La couleur varie selon la teneur en pigment, son état chimique, et l'état de surface de la viande.

Pour la tendreté, la quantité et la nature du tissu conjonctif jouent un rôle important, mais aussi le degré de contraction de la myofibrille ainsi que son état de maturation.

Dans le cas de la jutosité le pH est le facteur prépondérant.

Enfin pour la flaveur la teneur en lipides et le type de fibres sont des facteurs importants.

Influence of muscle characteristics on sensory properties of meat

C. TOURAILLE

Renc. Rech. Ruminants, 1994, 1, 169 – 176

Summary – The first part will be devoted to define quality and to explain the various meanings of this concept for food products. Then, sensory properties of meat will be described, with emphasis on their role for the consumer and the different ways to measure them (sensory and instrumental).

The second part will describe the striated muscle of mammals, its composition, structure, *post-mortem* evolution and ageing process.

Then the relation between the organoleptic properties and muscular characteristics will be presented for colour, tenderness, juiciness and flavour.

The colour is influenced by the myoglobin content, the oxydation state of the pigment and the meat structure.

For tenderness the connective tissue play a prominent role (by both its quantity and solubility) but contraction and ageing of the myofibrill are also very important.

The juiciness is mainly influenced by the pH.

The flavour need a minimum quantity of lipids to develop, and the fiber type is also important.

INTRODUCTION

Avant de présenter les caractéristiques musculaires qui influent sur les qualités organoleptiques des viandes de ruminants, il est nécessaire de préciser ce que recouvre la notion de qualité pour les aliments, et de décrire le muscle des mammifères, sa composition, sa structure et l'évolution qu'il subit *post mortem* lors de sa transformation en viande puis au cours de la maturation.

1. QUALITÉS DES ALIMENTS

La définition de la qualité est, : l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un service ou d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites (International Standard Organisation).

Cette définition montre bien le caractère complexe de la qualité, en effet cette notion ne recouvre pas les mêmes réalités pour un producteur, un transformateur, ou un distributeur. Cependant pour le consommateur, la qualité d'un aliment peut se définir à partir d'un certain nombre de caractéristiques précises :

- **Qualité nutritionnelle** - La première fonction d'un aliment est de nourrir celui qui le consomme. Les aliments apportent protides, lipides, glucides, ainsi que de nombreux autres composés indispensables à l'organisme (vitamines, minéraux, oligo-éléments...).

- **Qualité hygiénique** - En plus de l'apport de nutriments, l'aliment doit préserver la santé du consommateur. A ce titre il ne doit présenter aucun résidu toxique, ni être le siège d'un développement bactérien susceptible de produire des éléments nocifs. Cette exigence est bien évidemment reconnue par la législation, et ne peuvent être mis sur le marché que des aliments ne présentant aucun risque pour la santé.

- **Qualité de service** - La facilité de préparation des aliments prend une place grandissante, au fur et à mesure que le niveau de vie s'élève. Il n'est pour s'en convaincre que d'observer le temps passé à la préparation des repas. Dans les années cinquante, le temps consacré à la préparation des repas familiaux représentait environ trois heures par jour, aujourd'hui environ vingt de minutes suffisent.

- **Qualités organoleptiques** - Il s'agit des caractéristiques perçues par les sens du consommateur (on parle aussi de propriétés sensorielles). Elles recouvrent l'aspect et la couleur, le goût et la saveur, l'odeur et la flaveur, ainsi que la consistance et la texture d'un aliment. Elles jouent un rôle fondamental dans la détermination des préférences alimentaires.

- **Image de l'aliment** - D'autres caractéristiques que les propriétés mesurables de l'aliment seront prises en compte par les consommateurs dans leurs choix alimentaires. D'une part tous les aliments potentiels ne sont pas reconnus comme tels par tous les humains. Par exemple la viande de cheval, la viande de porc ou encore celle de lapin ne sont pas reconnues comme aliment pour de nombreux peuples. On peut citer aussi le végétarisme qui, s'il est encore peu fréquent en France, tend à se développer. D'autre part, même pour des consommateurs habituels, les conditions de production de l'animal ainsi que son mode d'abattage vont jouer dans l'avenir un rôle de plus en plus important dans les décisions d'achat.

2. PROPRIÉTÉS SENSORIELLES

2.1. DÉFINITION

Les propriétés sensorielles d'un aliment sont les caractéristiques que le consommateur peut percevoir directement grâce à ses sens. Ces sensations peuvent se classer selon trois modalités :

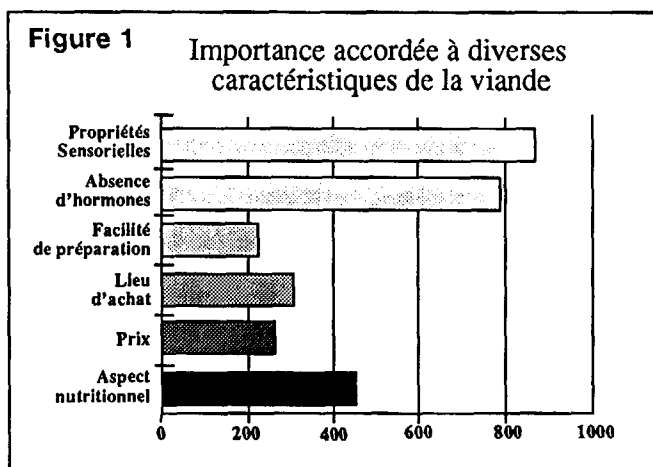
- **qualitative**, qui est la caractéristique de ce qui est perçu (goût salé, arôme de fraise...),
- **quantitative**, qui représente l'intensité de cette sensation (peu, beaucoup, intensément...),
- **hédonique**, qui caractérise le plaisir ressenti par l'individu (j'aime, je n'aime pas).

Parmi nos cinq sens la gustation est limitée à 4 modalités : sucré, salé, acide, amer. L'odorat par contre est beaucoup plus riche. Les molécules odorantes (il en existe un très grand nombre) parviennent à la zone sensible, soit directement par le nez et on parle alors d'odeur ou de parfum, soit par voie rétronasale (lorsque le produit est dans la bouche) on parle alors d'arôme. Au cours de la consommation d'un aliment il est souvent difficile de faire la part des perceptions gustatives et olfactives, on utilise alors le terme **flaveur** pour désigner les perceptions olfacto-gustatives.

Pour la viande les principales caractéristiques sensorielles sont : la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur.

2.2. IMPORTANCE DES PROPRIÉTÉS SENSORIELLES POUR LES CONSOMMATEURS

La qualité nous l'avons vu recouvre de nombreux aspects. Cependant lorsque l'on interroge les consommateurs sur les critères qu'ils jugent importants pour la qualité de la viande, les propriétés sensorielles occupent la première place, suivies par le caractère 'naturel' du produit, (figure 1).



De nombreuses enquêtes montrent que la tendreté est, pour la viande bovine, la première raison d'insatisfaction des consommateurs à la fois par son niveau et par son irrégularité.

2.3. MÉTHODES DE MESURE

Les propriétés sensorielles sont souvent considérées, à tort, comme 'subjectives'. En fait ces grandeurs peuvent être mesurées soit par des méthodes sensorielles faisant appel

à un groupe de sujets entraînés, soit par des **méthodes instrumentales**. Les deux types de méthodes présentent des avantages et inconvénients. Il n'en demeure pas moins que l'approche sensorielle reste la seule méthode de référence pour évaluer les qualités organoleptiques.

Différentes épreuves sensorielles permettent de répondre à des questions diverses. Les épreuves de **différence** servent à comparer des produits entre eux, les épreuves **descriptives** sont utilisées pour représenter l'ensemble des caractéristiques sensorielles d'un aliment.

De très nombreuses méthodes instrumentales physico-chimiques sont utilisées pour évaluer les caractéristiques organoleptiques de la viande, elles dépendent de la grandeur mesurée. Pour la couleur on peut mesurer le spectre de réflexion ou doser la quantité de pigment présent dans le muscle. En ce qui concerne la tendreté, de très nombreuses méthodes ont été décrites; elles reposent sur l'étude des propriétés rhéologiques de la viande (cisaillement, compression) ou sur certaines caractéristiques biochimiques (état de maturation) ou encore sur l'état de contraction de la myofibrille (longueur des sarcomères). Pour la jutosité ce sont essentiellement des méthodes fondées sur la rétention d'eau dans le muscle qui ont été utilisées. Les techniques classiques d'étude des composés volatils (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse) sont à la base de l'étude de la flaveur.

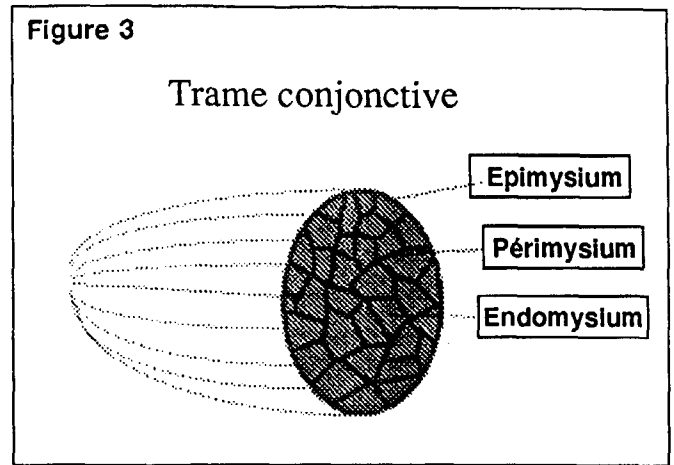
3. LE MUSCLE STRIÉ

3.1. STRUCTURE ET COMPOSITION

Le muscle strié est le principal constituant de la carcasse des animaux de boucherie. Il est surtout constitué d'eau (75 %) et de **protéines** (19 %). On trouve ensuite des lipides (de 1 à quelques %), des sucres (1 %) des minéraux et des substances azotées non protéiques (créatine et acides aminés libres). Selon leur solubilité à différentes forces ioniques on distingue les protéines **sarcoplasmiques** (5.5 % du muscle), **myofibrillaires** (11.5 %) et le **tissu conjonctif** (2 %), LAWRIE (1979). La composition du muscle est relativement constante, et elle n'explique que très partiellement les larges variations des qualités organoleptiques que l'on peut observer entre muscles et entre animaux.

Le muscle est composé de fibres musculaires capables de se contracter et donc de transformer l'énergie des nutriments en force motrice. Les fibres musculaires sont formées de

Figure 3



grandes cellules plurinucléées qui renferment l'élément contractile : la myofibrille. D'un diamètre de 1 à 2 microns les myofibrilles sont formées d'un ensemble répétitif de **sarcomères** constitués de deux types de myofilaments : épais (myosine) et fin (actine, troponine, tropomyosine) (figure 2).

Les fibres sont entourées d'une trame de tissu conjonctif qui permet la transmission des forces jusqu'aux os. Trois niveaux de conjonctif sont observés dans les muscles : endomysium, périmysium et epimysium (figure 3).

Les muscles sont composés en proportion variable de divers types de fibres correspondant à des types contractiles et métaboliques différents. Les différences dans l'activité ATPasique de la myosine selon différents pH correspondent à des différences dans les propriétés contractiles des fibres. On peut différencier les fibres acido-sensibles, à contraction rapide (nommées fibres a ou type II), et les fibres alcali-sensibles à contraction lente (nommées fibres b ou type I). Le métabolisme énergétique de la fibre est de type oxydatif aérobie (caractérisé par les enzymes NADH réductase et succinate déshydrogénase), ou glycolytique anaérobie (caractérisé par la glycérophosphate déshydrogénase). La combinaison d'étude histoenzymatique pour l'activité ATPasique et des activités enzymatiques du métabolisme conduit à trois types de fibres : « **rouge-lent** », « **rouge-rapide** », « **blanc-rapide** », (BACOU VIGNERON - 1988) (figure 4).

Le type '**rouge-lent**' est caractérisé par une contraction lente, une bonne résistance à la fatigue et un faible taux de glycogène; il est riche en myoglobine, en collagène et en lipides.

Figure 2

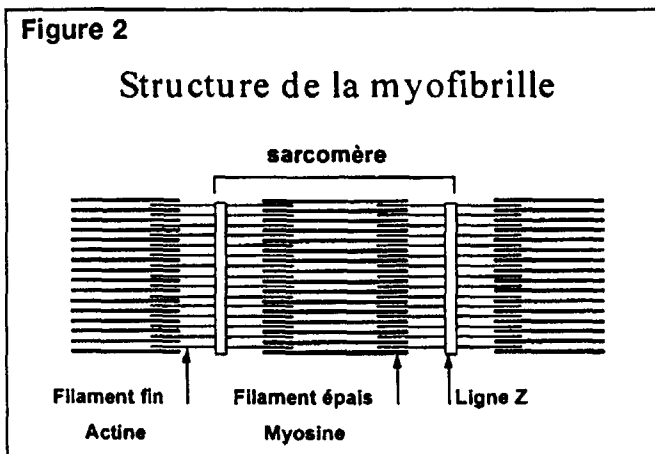


Figure 4

Fibres musculaires : types métaboliques et contractiles

Type	I rouge-lent	II A rouge-rapide	II B blanc-rapide
Contraction	Lente	Rapide	Rapide
Métabolisme	Oxydatif	Oxydatif et Glycolytique	Glycolytique
Travail	Long modéré	Long inten. ou mod.	Bref intense

Le type 'rouge-rapide' bénéficie d'une contraction rapide, d'une moins bonne résistance à la fatigue et d'un taux élevé de glycogène; il est riche en myoglobine, en lipides et pauvre en collagène.

Le type 'blanc-rapide' est aussi doué d'une contraction rapide, mais d'une faible résistance à la fatigue et d'un taux de glycogène élevé; il est pauvre en myoglobine, lipides et collagène. Ces caractéristiques sont résumées figure 5.

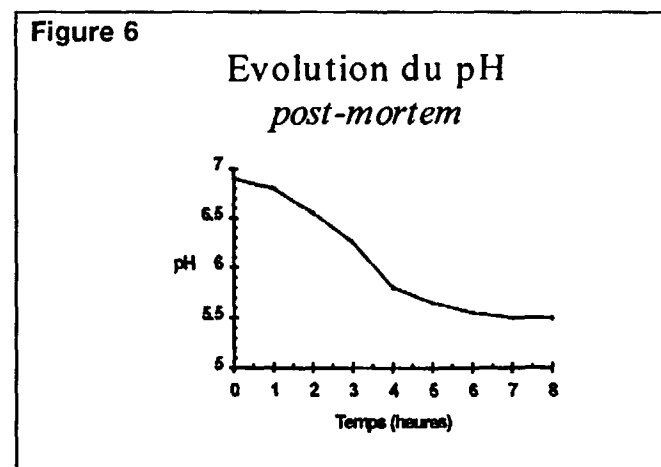
Le type de fibres du muscle influence les caractéristiques sensorielles de la viande comme nous le verrons plus loin.

Figure 5
Fibres musculaires : composition

Type	I rouge-lent	II A rouge-rapide	II B blanc-rapide
Myoglobine	+++	+++	+
Glycogène	+	+++	+++
Collagène	+++	++	++
Lipides	+++	+++	+

3.2. EVOLUTION POST-MORTEM

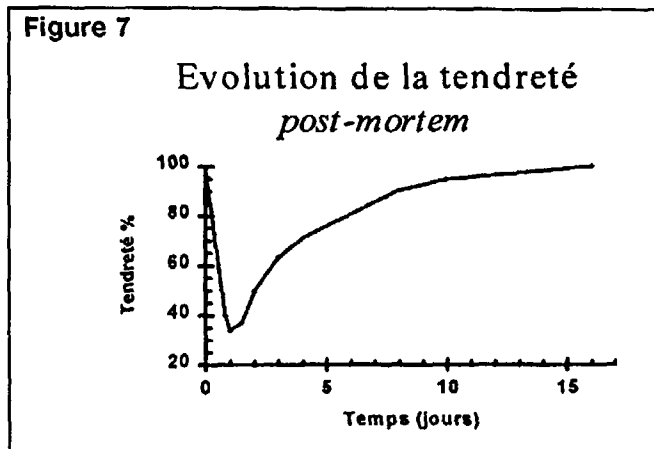
Après la mort de l'animal, le muscle est le siège de transformations importantes qui conditionnent largement la qualité finale de la viande. Deux phénomènes jouent un rôle déterminant : d'une part la chute du pH et d'autre part l'installation de la *rigor mortis* puis la phase de maturation. L'arrêt de la circulation sanguine, donc de l'apport d'oxygène, entraîne une modification du métabolisme énergétique qui conduit à la formation d'acide lactique. Cette accumulation d'acide lactique entraîne une baisse du pH (figure 6).



Dans des conditions normales, le pH atteint une valeur voisine de 5.5. Si l'animal subit un stress avant l'abattage, par exemple lors du regroupement d'animaux ou pour des temps de transport jusqu'à l'abattoir trop longs, il épuise ses réserves énergétiques (glycogène principalement) et le pH se maintient à une valeur élevée. Pour une valeur fina-

le du pH supérieure à 6 on observe une moins bonne conservation de la viande (car les micro-organismes disposent d'un milieu plus favorable), une couleur sombre, on parle de 'viande à coupe sombre', mais une bonne rétention d'eau, la viande est 'collante'.

Dans les heures qui suivent l'abattage le muscle se transforme en viande. Tout d'abord le muscle perd son élasticité et devient rigide, c'est l'installation de la *rigor mortis*. A ce stade la viande présente une dureté maximale, elle s'attendrit ensuite progressivement au cours de la phase de maturation pendant laquelle des enzymes protéolytiques attaquent la structure de la viande (figure 7).



4 - CARACTÉRISTIQUES MUSCULAIRES ET QUALITÉS ORGANOLEPTIQUES

Les qualités organoleptiques de la viande (couleur, tendreté, jutosité et flaveur) sont fonction de facteurs qui sont déterminés *ante mortem* et relèvent du type génétique et des techniques d'élevage, dont le détail figure dans l'article de Y. GEAY et G. RENAND, ou *post mortem* et dépendants de paramètres technologiques.

4.1. COULEUR

La couleur est perçue lorsque l'oeil est excité par les ondes lumineuses réfléchies par un objet, elle dépend donc de la lumière, de l'objet et de l'observateur. La couleur est la première caractéristique perçue par le consommateur. C'est souvent la seule dont il dispose pour choisir la viande au moment de l'achat, principalement dans la distribution moderne.

La couleur rouge de la viande lui est conférée par un pigment, la myoglobine, dont le rôle est de transporter l'oxygène dans le muscle, comme l'hémoglobine dans le sang. Ces deux pigments comportent un noyau hémunique qui possède un atome de fer central.

Trois paramètres principaux permettent de définir la couleur : saturation, teinte, et luminosité. La saturation dépend de la quantité de pigment présent dans le muscle, la teinte varie en fonction de l'état chimique du pigment et la luminosité est liée à l'état de surface de la viande (RENERRE 1986, figure 8).

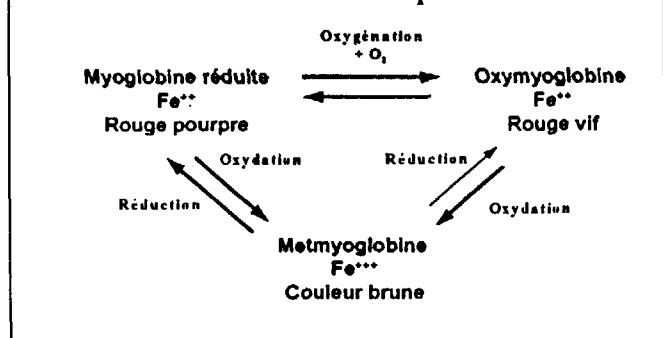
La saturation, donc la couleur rouge plus ou moins soutenue, est fonction de nombreux facteurs génétiques et zootechniques, en particulier l'âge à l'abattage, le sexe, la race. Le type métabolique oxydatif du muscle favorise une

Figure 8 Couleur de la viande

RENERRE 1982	Myoglobine Hémoglobine résiduelle Etat de fraîcheur de la coupe	Etat chimique des pigments	Teinte	COULEUR
	Espèce Race Sexe Age Exercice Alimentation	Quantité de Pigments	Saturation	
	pH de la viande Structure des protéines	Etat physique	Luminosité	

teneur élevée en pigment et donne une viande plus rouge. Après l'abattage, le pigment se trouve sous différents états selon qu'il est ou non en présence d'oxygène et selon son état d'oxydation. On observe trois formes : l'oxymyoglobine, forme oxygénée du pigment qui donne une agréable couleur rouge vif, la myoglobine réduite (en l'absence d'oxygène) qui prend une couleur pourpre violacée et la metmyoglobine forme oxydée qui possède une couleur brune rejetée par les consommateurs (figure 9).

Figure 9 Etats d'oxydation du fer héminique



4.2. TENDRETÉ

La tendreté peut être définie comme la facilité avec laquelle une viande se laisse trancher, et mastiquer, *a contrario* une viande dure sera difficile à mastiquer.

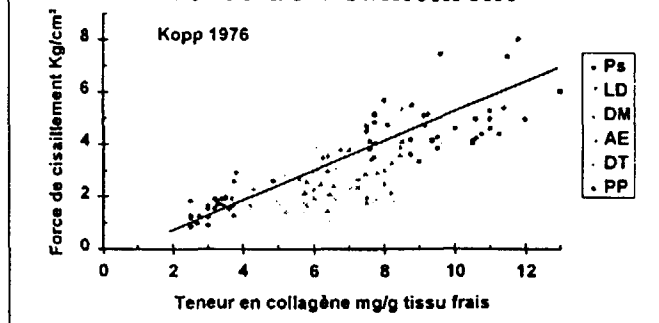
Deux facteurs principaux jouent un rôle sur la tendreté, d'une part, le collagène (par sa quantité et sa nature), d'autre part, la myofibrille (par son état de contraction et son degré de maturation).

4.2.1. Collagène

Pour une large gamme de muscles la tendreté de la viande est très dépendante de la teneur en collagène. Pour une teneur qui varie de 2 à 12 mg / g de produit frais, la dureté mesurée par la force de cisaillement varie dans un rapport de 1 à 10 (KOPP 1976, figure 10).

C'est sur la teneur en collagène qu'est fondée la classification bouchère, et c'est elle qui induit la destination culinaire des différents muscles. Pour une viande pauvre en conjonctif, une cuisson rapide en milieu sec sera plus adaptée car elle limite le durcissement de la myofibrille; par contre si le muscle est riche en tissu conjonctif une cuisson

Figure 10 Relation teneur en collagène force de cisaillement



longue en milieu humide sera indispensable pour solubiliser ce tissu et ainsi attendrir la viande

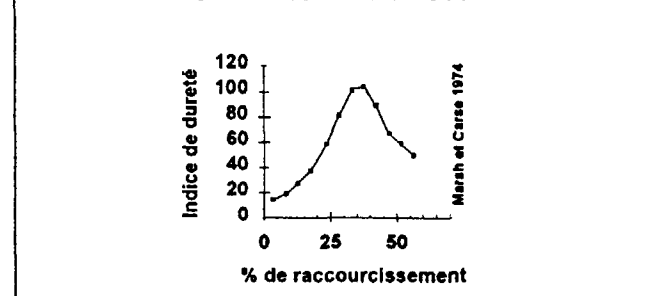
Le collagène joue un rôle sur la tendreté non seulement par la quantité présente dans le muscle, mais aussi par sa solubilité. On observe en effet que, à même teneur en conjonctif, la viande est d'autant plus dure que le collagène est moins soluble. La structure du tissu conjonctif est modifiée par des liaisons qui se forment lors du vieillissement des animaux, ces liaisons rendent le collagène moins soluble lorsqu'il est soumis à un traitement thermique.

4.2.2. Myofibrille

L'autre facteur important dans la définition de la tendreté est l'état de la myofibrille, celui-ci va jouer d'une part par le degré de contraction, et d'autre part par l'amplitude de la maturation.

Après la mort de l'animal, le muscle conserve la possibilité de se contracter, pour autant que les réserves énergétiques soient suffisantes. Ce phénomène de contraction est induit par le froid, on l'observe en particulier lorsque le muscle est refroidi à une température inférieure à 10°C moins de 10 heures après l'abattage. L'effet de cette contraction est évalué par la longueur des sarcomères. On constate un durcissement important lorsque le muscle est contracté (MARSH et CARSE, 1974, figure 11).

Figure 11 Relation entre raccourcissement du muscle et dureté

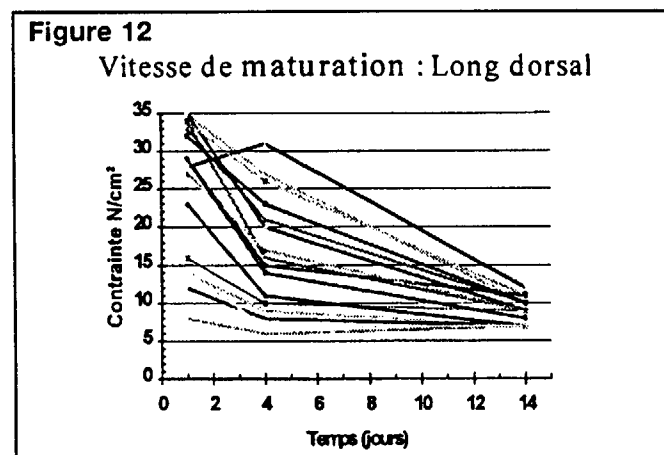


Pour éviter ce phénomène de contracture au froid ou 'cold shortening', il est important de ne pas refroidir trop rapidement les carcasses après l'abattage. On peut cependant refroidir rapidement le muscle si l'on a pris soin d'épuiser ses réserves énergétiques grâce à la stimulation électrique.

Le principe consiste à faire passer un courant électrique dans la carcasse, quelques minutes suffisent alors pour faire chuter le pH à sa valeur finale.

Après l'installation de la *rigor mortis*, la viande est le siège de transformations biochimiques sous l'action d'enzymes qui conduisent à une dégradation de la structure myofibrillaire et par voie de conséquence à un **attendrissage** de la viande (OUALI 1990). Les enzymes impliquées sont des **protéases** dont l'activité est influencée par le pH de la viande ou les ions calcium, ainsi que par la température. De plus des inhibiteurs modulent l'activité de ces enzymes dont le mode d'action n'est pas encore totalement élucidé. On observe des variations de vitesse de maturation entre muscles, les muscles de type rouge lent mûrent moins vite que les muscles blancs; mais on observe aussi pour un même muscle des différences importantes entre animaux sans qu'il soit possible, pour l'instant, d'en connaître les causes.

Il est possible de suivre la maturation de la viande grâce à des mesures mécaniques (LEPETIT et SALÉ, 1985). Au cours d'une étude portant sur 18 vaches de réforme, pourtant traitées dans des conditions thermiques identiques, nous avons observé, sur le muscle long-dorsal, de très grandes différences dans la vitesse de maturation. Pour quelques animaux 4 jours suffisent pour atteindre l'optimum de tendreté alors que pour d'autres 15 jours au moins sont nécessaires (TOURAILLE *et al* 1990, figure 12).



4.3. JUTOSITÉ

Le facteur essentiel qui va jouer sur la jutosité est la capacité de **réten-tion d'eau** du muscle.

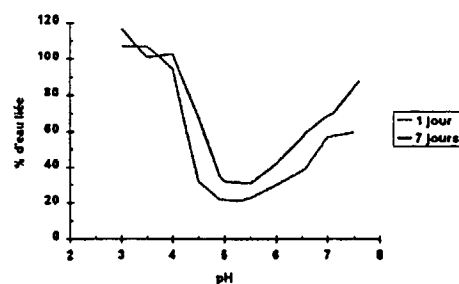
Une viande à très bas pH a tendance à perdre son eau et à être sèche. Par contre les viandes à haut pH ont une très bonne rétention d'eau et présentent donc une jutosité supérieure (figure 13).

La teneur en **lipides** joue aussi un rôle important; une viande riche en lipides est toujours moins sèche qu'une viande maigre.

On distingue la jutosité initiale, celle que l'on perçoit au premier coup de dents de la jutosité soutenue; la première est surtout liée à la quantité d'eau, la seconde est plus liée à la teneur en lipides.

Figure 13

Influence du pH sur la capacité de rétention d'eau

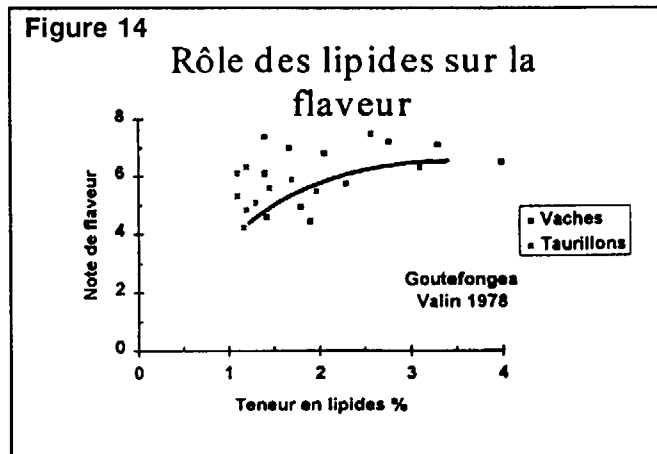


4.4. FLAVEUR

Lorsque l'on parle de flaveur de la viande il faut distinguer la flaveur normale de la viande et les défauts d'odeur.

Les défauts peuvent être des odeurs sexuelles (rarement décrites chez les bovins mais plus fréquemment chez le mouton, et bien sûr chez le porc), ou des odeurs liées à l'alimentation. Ces dernières sont assez exceptionnelles chez les ruminants qui transforment profondément, dans le rumen, les aliments qu'ils ingèrent.

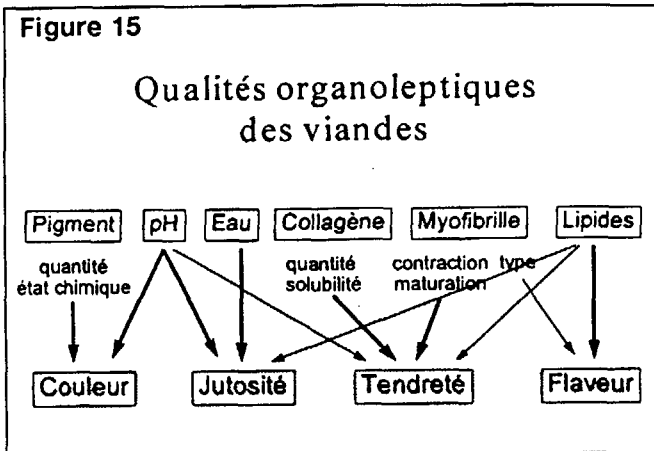
La flaveur normale dépend de l'animal, et du type de fibres prédominant dans le muscle. En général, des fibres contractiles plus **rouges**, conduisent à des viandes avec une flaveur plus développée (VALIN *et al*, 1982). L'âge est un critère important pour la flaveur, et ceci pour toutes les espèces; la flaveur caractéristique se développe lorsque les animaux vieillissent. Enfin, une quantité minimum de **lipides** est nécessaire dans le muscle pour que se développe la flaveur. Le goût de la viande augmente jusqu'à des teneurs en lipides de l'ordre de 4 % (VALIN et GOUTEFONGEA, 1978, figure 14).



Outre les facteurs liés à l'animal, les divers traitements technologiques subit par la viande influencent la flaveur finale du produit, en particulier les phénomènes d'oxydation des lipides, (TOURAILLE et GIRARD, 1985). En tout état de cause le déterminisme exact de la flaveur est très complexe et non totalement élucidé.

CONCLUSION

Les caractéristiques musculaires déterminent les qualités organoleptiques de la viande comme le résume la figure 15.



Mais ce n'est pas tant dans la composition globale du muscle, au demeurant assez peu variable qu'il faut rechercher les sources de variation, mais beaucoup plus dans la nature des composés ou dans de discrètes variations telles le type métabolique et contractile des fibres musculaires, la structure du collagène, ou l'équipement enzymatique susceptible de faire murer la viande. Les types métaboliques et contractiles conditionnent, nous l'avons vu, certaines caractéristiques musculaires qui influencent les qualités organoleptiques. Une teneur en myoglobine plus élevée induit une couleur plus soutenue, moins de collagène et une maturation plus rapide sont favorables pour la tendreté, plus lipides permettent un développement plus intense de la flaveur.

Enfin il ne faut pas perdre de vue que non seulement les caractéristiques de l'animal liées à son potentiel génétique et à son mode d'élevage vont jouer un rôle, mais aussi que les conditions d'abattage et les traitements *post mortem* vont conditionner, pour une large part, les variations de qualité observées.

RÉFÉRENCES

BACOU F., VIGNERON P. -1988- Reprod. Nutr. Dévelop. 28:1387-1453

BOCCARD R. -1981- Developments in Meat Science, 2:1-28

GOUTEFONGEA R., VALIN C. -1978- Ann. Technol. Agric. 27:609-627

KOPP J. -1976- Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A. 24:37-46.

LAWRIE R.A., -1979- 'Meat Science'. - 3rd ed PERGAMON ed. London.

LEPETIT J., SALÉ P. -1985- Science des Aliments 5:521-540

OUALI A. -1990- Viandes et Produits Carnés 11:281-290
RENERRE M. -1982- Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix I.N.R.A. 47:47-54.

TOURAILLE C., GIRARD J.P. -1985- Bull. Tech. CRZV Theix - INRA 60:83-97

TOURAILLE C., AURIER B., LEPETIT J., BAYLE M.C. -1990- Viandes et Produits Carnés 11:291-292

VALIN C., TOURAILLE C., VIGNERON P., ASHMORE L. -1982- Meat Science 6:257-263.

