

Lectures d'actualité

Définition, évaluation et déterminisme de la tendreté de la viande bovine

Le déterminisme de la tendreté d'une viande bovine est complexe et les méthodes pour l'apprécier sont diverses

Mots-clés : Tendreté, Muscle, Viande bovine, Déterminismes, Evaluation

Auteurs : Manon Gicquel^{1,2,3}, Maëlle Philippe¹, Cécile Guillon-Kroon², Marie Raoult^{1,4}

¹ Evolution, 69 Rue de la Motte Brûlon, CS 30621, 35706 Rennes Cedex 7, France ; ² Terrena, Recherche et développement AEI (Agriculture Ecologiquement Intensive), Nutrition et santé animales, La Noëlle, BP 20199, 44150 Ancenis, France ; ³ Agrocampus Ouest, 65 Rue de Saint-Brieuc, 35000 Rennes, France ; ⁴ Ecole Supérieure d'Agricultures (ESA), 55 Rue Rabelais, BP 30748, 49007 Angers Cedex 01, France

* E-mail de l'auteur correspondant : marie.raoult@evolution-xy.fr

Cet article a été rédigé dans le cadre du stage de fin d'études Master 2 « Ingénierie Zootechnique, Agrocampus-Ouest, Rennes » du premier auteur.

Résumé :

La tendreté est un critère d'appréciation de la viande difficile à appréhender, principalement pour deux raisons : son déterminisme est complexe car de nombreux processus biologiques sont impliqués, et ceux-ci diffèrent d'un muscle à un autre. En outre, il n'existe pas de mesure de la tendreté à la fois fiable, précise, reproductible, adaptée aux conditions industrielles, peu coûteuse et représentative de la sensation de tendreté lors de la mastication.

Abstract: Definition, evaluation and determinism of beef tenderness

Tenderness is a meat assessment criterion that is difficult to comprehend for two reasons: its determinism is complex because many biological processes are involved, and those processes are different from one muscle to another. Moreover, there is no reliable, accurate, reproducible and cheap measure that is adapted to industrial conditions and is well representative of the tenderness sensation during chewing.

INTRODUCTION

La tendreté est un critère majeur de détermination de la qualité organoleptique des viandes bovines. Son déterminisme étant particulièrement complexe, c'est un facteur de qualité mal maîtrisé par les différents acteurs de la filière. C'est une des raisons de la désaffection des consommateurs pour la viande bovine. Conscients de ce

problème, transformateurs et abatteurs, en lien avec les producteurs, cherchent aujourd'hui à mieux comprendre, évaluer et maîtriser ce critère tout au long de la chaîne de production. Cet article vise à préciser la définition de la tendreté et à exposer les méthodes d'évaluation existantes afin de mieux évaluer et optimiser ce critère.

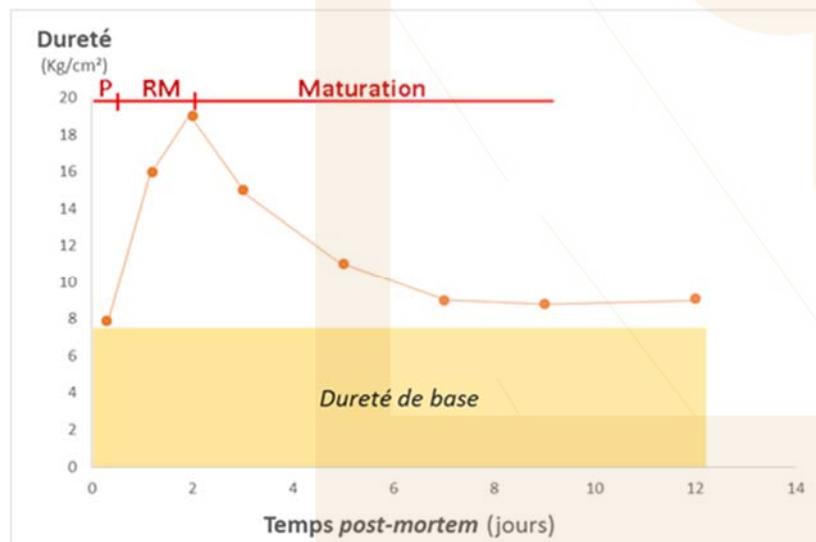
I. DEFINITION ET DETERMINISME DE LA TENDRETE

I.1. Définition

La définition la plus utilisée de la tendreté est celle de Touraille C. (1994). « 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 ». Plusieurs facteurs interviennent dans le déterminisme de la tendreté parmi lesquelles les caractéristiques biochimiques du muscle et la maturation de la viande. Parmi les caractéristiques biochimiques du muscle, deux d'entre elles « 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). » (Touraille C., 1994).

Il est généralement fait une distinction entre la « dureté de base » liée au tissu conjonctif (collagène), qui est constante depuis l'abattage jusqu'à avant la cuisson du produit, et la dureté liée à l'état de la structure fibrillaire. Cette dernière va dépendre de la baisse de température et de la baisse de pH durant les premières heures suivant l'abattage ainsi que de l'état du muscle au moment de l'installation de la *rigor mortis*. Elle dépendra ensuite de la maturation, un « attendrissage » naturel de la viande lié à l'altération de la structure fibrillaire sous l'action d'activités enzymatiques du tissu musculaire (Bastien, 2011) (Figure 1).

Figure 1 : Profil d'évolution de la dureté du muscle *longissimus dorsi* bovin mesurée par les forces de cisaillement (P : Etat Pantelant, RM : Rigor Mortis ou rigidité cadavérique) (d'après Ouali, 1991)



I.2. Influence des paramètres d'élevage sur la tendreté

Plusieurs paramètres d'élevage peuvent avoir une influence sur la tendreté (Micol et al., 2010, Oury et al., 2007) :

- L'âge et le sexe : la tendreté mesurée par les forces de cisaillement a tendance à diminuer entre 15 et 19 mois chez le mâle entier lourd, mais pas chez la femelle ;
- La race : chaque race a un développement musculaire et une maturité physiologique qui lui est propre ; l'élaboration de la tendreté sera donc différente d'une race à l'autre ;
- Le statut physiologique : la gestation et le vêlage ne modifient pas la tendreté, mais les vaches ayant vêlé et abattues à un âge supérieur à celui des génisses (par conséquent à poids plus élevé) auront une moindre tendreté ;
- Le niveau alimentaire : une réduction du niveau alimentaire (quantité de nutriments ingérés) s'accompagne

chez le ruminant d'une réduction de fibres glycolytiques à vitesse de maturation rapide. La proportion de tissu conjonctif peut s'accroître et la solubilité du collagène diminuer. La réduction de l'adiposité de la carcasse peut également avoir un effet négatif sur la tendreté ;

- La croissance compensatrice : appliquer une période de restriction puis réalimenter les ruminants se traduit par une augmentation de la synthèse en collagène jeune (plus soluble) et pourrait également être liée à une augmentation de la proportion de fibres musculaires glycolytiques à maturation plus rapide. Elle augmenterait la tendreté via ces deux mécanismes ainsi qu'en entraînant l'augmentation de la teneur en lipides intramusculaires ;
- Le type d'alimentation : le type d'alimentation ne semble pas avoir d'effet particulièrement important sur la tendreté à niveau d'alimentation constant.

I.3. Influence des paramètres d'abattage et transformation

L'influence du stress avant abattage (qui conduit à une diminution de la quantité de glycogène dans le muscle, et à un pH ultime trop élevé dans les heures qui suivent l'abattage entraînant une faible tendreté) et le temps de

maturation sont les principaux facteurs liés à l'abattage et la transformation influençant la tendreté. Aujourd'hui bien connus par les professionnels, ces critères sont en général déjà optimisés.

II. CARACTERISTIQUES MUSCULAIRES ET MECANISMES BIOLOGIQUES IMPLIQUES

De nombreuses caractéristiques musculaires et mécanismes biologiques sont impliqués dans l'élaboration

de la tendreté d'un muscle rendant son déterminisme complexe.

II.1. Les caractéristiques musculaires

Le collagène a un effet négatif sur la tendreté par sa teneur, effet qui peut cependant être annulé après une cuisson longue à 58-65°C où il se transformera en gélatine insoluble (Guillemin et al., 2009).

La quantité de lipides intramusculaires est, d'après plusieurs auteurs, corrélée positivement à la tendreté. Les lipides auraient un effet lubrificateur durant la mastication, rehaussant la sensation de tendreté. Une forte quantité de

lipides intramusculaires peut aussi déstructurer la matrice collagénique du muscle favorisant la tendreté. Une autre supposition est qu'une teneur en lipides élevée de la carcasse (qui est corrélée à la quantité de lipides intramusculaires) permettrait de prévenir les phénomènes de contracture au froid lors du refroidissement des carcasses ayant un impact négatif sur la tendreté (Ouali A., 1991, Guillemin et al., 2009).

II.2. Les enzymes

Les protéases endogènes impliquées dans le processus de maturation sont multiples et agissent selon des mécanismes différents de par leur site d'action, ou encore leur régulations (ions, inhibiteurs), etc. (revue de Guillemin et al., 2009, Picard et al., 2010) :

- Les enzymes les plus étudiées sont les calpaïnes, des protéases à cystéine dont l'action est régulée par les ions Ca²⁺, leurs inhibiteurs spécifiques, les calpastatines, et les phospholipides. Leur rôle dans l'élaboration de la tendreté a été prouvé par plusieurs études, dont certaines vont jusqu'à lui accorder 95% de l'activité protéolytique totale lors de l'attendrissage des viandes au cours de la maturation. Ce système protéolytique, représenté par le rapport calpaïne/calpastatine, serait un bon marqueur de la tendreté.
- Les cathepsines sont des protéases dont l'activité est régulée par le pH et leurs inhibiteurs, les cystatines. Contenues dans le lysosome, elles n'auraient cependant

accès aux myofibrilles qu'après 14 jours de maturation. Leur rôle dans la mise en place de la tendreté est controversé.

- L'activité de la sous unité 20S du protéasome aurait également un rôle dans la résolution de la dureté liée à la *rigor mortis*.
- Les peptidases à serines, sont impliquées dans la régulation du métabolisme des cellules musculaires et l'homéostasie. Leurs inhibiteurs, les serpins, ont été intégrés dans certains modèles de prédiction de la tendreté (Zamora et al., 2005 cité par Guillemin et al., 2009). Leur rôle semble encore à préciser.
- Les métallopeptidases, qui sont capables de dégrader les fibres de collagènes pourraient également avoir un rôle dans l'établissement de la tendreté.

Le processus de maturation est complexe et les mécanismes des systèmes protéolytiques qu'il implique restent en partie méconnus.

II.3. Les mécanismes biologiques

Les protéines impliquées dans le métabolisme du calcium telles que la parvalbumine, la MLC2 (*myosin light chain 2*) ou l'*acyl-CoA Binding protein* semblent fortement impliquées dans la tendreté de la viande. Ces protéines jouent en effet sur le cycle du calcium entre cytoplasme et réticulum endoplasmique (donc l'activité des canaux calciques), ce qui a un effet sur la maturation étant donné l'importance du calcium au cours de celle-ci (régulation de l'activité des protéases calcium dépendantes telles que la calpaïne).

Les protéines de structure telles que l'actine- α , qui subit des modifications *post mortem* suite à son clivage par les systèmes protéolytiques au cours de la maturation, permettent également de discriminer des viandes de tendreté différente (Picard et al., 2010).

Les protéines impliquées dans les mécanismes d'apoptose sont également étudiées pour leur rôle dans la mise en place de la tendreté. L'apoptose est un phénomène de mort programmée des cellules dû à la privation des muscles en nutriments et oxygène suite à l'exsanguination des animaux à l'abattage. Il s'agit d'un processus précoce intervenant dans la mise en place de la tendreté (Ouali et

al., 2006, cité par Guillemin et al., 2009). Les protéines impliquées dans ce phénomène étudiées sont les Caspases, des peptidases à cystéines, qui ont un rôle dans l'initiation et l'accomplissement de l'apoptose, et les protéines de la famille HSP (Heat Shock Protein) synthétisées durant un stress et ayant un rôle anti-apoptotique (inhibition des caspases).

Enfin, les propriétés contractiles et métaboliques des fibres musculaires impactent la tendreté. Les fibres musculaires peuvent avoir une vitesse de contraction lente ou rapide. Elles peuvent avoir un métabolisme glycolytique (avec les glucides comme source d'énergie) ou oxydatif (avec le glucose et/ou les acides gras comme sources d'énergie). Dans le muscle bovin adulte, on distingue donc les fibres lentes oxydatives, les fibres rapides oxydo-glycolytiques et les fibres rapides glycolytiques. Ces trois types de fibres seront présents dans chaque muscle en quantités différentes, la vitesse de maturation des fibres à contraction rapide étant plus rapide que la vitesse de maturation des fibres à contraction lente. (Guillemin et al., 2009) Cependant, les fibres rapides glycolytiques sont généralement de plus grande taille que

celle des fibres lentes oxydatives, une taille importante des fibres étant négativement associée à la tendreté. Ainsi, les fibres rapides glycolytiques peuvent être à la fois favorables (en raison de leur maturation plus rapide) ou défavorables à la tendreté (en raison de leur taille), de sorte que l'on trouve dans la littérature des résultats contradictoires concernant l'influence du type de muscle sur la tendreté.

De plus, les effets des caractéristiques musculaires citées précédemment sont très variables d'un muscle à l'autre. Une méta-analyse réalisée par Chriki et al. (2013) permet notamment d'illustrer ces différences au niveau des muscles *longissimus thoracis* et *semitendinosus* de vaches et de taurillons de races et d'âges différents dans le Tableau 1. Dans cette même étude, Chriki et al. (2013) ont

montré que le type de fibres, le collagène, les lipides intra musculaires et les propriétés contractiles et métaboliques de fibres de muscles ne peuvent expliquer que jusqu'à 1.7% de la variabilité de la note de tendreté évaluée par méthode sensorielle, et jusqu'à 5% de la variabilité de la tendreté évaluée par la force de cisaillement. Le reste de cette variation peut être expliqué par d'autres paramètres biochimiques inconnus, par des facteurs d'élevage, d'abattage et de transformation des animaux.

Le Tableau 1 issu de cette méta-analyse présente les modèles de régression de la tendreté (évaluée par jury d'analyse sensorielle ou par la mesure de la force de cisaillement) par certaines caractéristiques musculaires. Le R² représente la contribution de chaque caractéristique à l'explication de la variabilité de la tendreté constatée.

Tableau 1 : Modèles de prédiction de la tendreté évaluée par un jury d'analyse sensorielle ou par les forces de cisaillement s'appuyant sur des caractéristiques musculaires, contributions partielles de ces caractéristiques à la variabilité de la tendreté (r²) (adapté de Chriki et al., 2013)

Variable expliquée	Variables explicatives	Type de modèle	R² (%)
Tendreté évaluée par jury d'analyse sensorielle (échelle de 1 à 10)	Teneur en collagène total (mg/g de MS)	Régression pour l'ensemble des combinaisons type d'animal-muscle	2,0
	Teneur en lipides intra-musculaires (mg/g)	Régression intra-muscle	0,3
	Surface des fibres musculaires (µm ²)	Régression pour l'ensemble des combinaisons type d'animal-muscle	1,8
	Activité de la Lactate déshydrogénase (µmole/min/g), enzyme caractéristique du métabolisme glycolytique	Régression pour l'ensemble des combinaisons type d'animal-muscle	1,6
Tendreté évaluée par la méthode Warner-Bratzler (forces de compression en N/cm ²)	Teneur en collagène total (mg/g de MS)	Régression intra-muscle	6,1
	Teneur en collagène insoluble (mg/g de MS)	Régression tous muscles et animaux confondus	6,4
	Activité de la Lactate déshydrogénase (µmole/min/g), enzyme caractéristique du métabolisme glycolytique	Régression pour l'ensemble des combinaisons type d'animal-muscle	3,8
	Proportion de fibres musculaires rapides glycolytiques (%)	Régression pour l'ensemble des combinaisons type d'animal-muscle	5,0

III. METHODES EXISTANTES D'EVALUATION DE LA TENDRETE

Il existe de nombreuses méthodes d'évaluation ou d'estimation de la tendreté de la viande : méthodes sensorielles, physiques ou physico chimiques. Aucune

n'est cependant à la fois fiable, rapide, non destructive, et adaptée aux conditions industrielles.

III.1. Méthodes sensorielles

Les méthodes sensorielles se basent sur les perceptions sensorielles d'un panel de juges appréciant les qualités organoleptiques d'un échantillon de viande. Il peut s'agir, selon l'objectif, de simples consommateurs, d'initiés ou d'experts. L'évaluation de la tendreté passe le plus souvent par la réalisation de tests de classement et de notation d'échantillons de viande.

Lorsque l'analyse est réalisée par un panel de consommateurs, l'analyse sensorielle de la tendreté peut être effectuée par approche hédonique (appréciation de la tendreté de certains produits par leurs utilisateurs finaux). Cette évaluation peut prendre la forme de tests de classement et/ou notation en fonction des préférences des consommateurs, leurs goûts personnels. Un grand panel représentatif de la population visée est alors nécessaire.

L'analyse sensorielle de la tendreté peut d'autre part être effectuée par des dégustateurs entraînés et experts, dont l'appréciation est supposée être plus objective et plus précise, un panel plus restreint peut alors être utilisé. On utilise alors une approche analytique de type monadique (tests de classement couplés à des notations en fonction de l'intensité de la sensation de tendreté/dureté) (Evrat-Georgel, 2008).

L'analyse sensorielle de la tendreté par jury de dégustation est à ce jour considérée comme une méthode de référence en matière d'évaluation de la tendreté. Elle nécessite cependant une salle de dégustation normalisée (norme AFNOR, NF V09-105:1987), le recrutement d'un jury de dégustation, du temps de préparation et d'analyse (etc.), ce qui la rend non envisageable en routine. De plus, les résultats obtenus peuvent parfois s'avérer non utilisables (différences trop faibles entre échantillons pour être détectées de façon significative, différences au sein

III.2. Mesures physiques

De nombreuses mesures physiques ont été développées afin d'évaluer la tendreté. Celles-ci sont principalement basées sur la mesure des forces de cisaillement ou de compression. La Cellule Warner-Bratzler pour la mesure des forces de cisaillements est la plus utilisée à ce jour. On la préfère à la mesure des forces de compression car elle est plus utilisée donc plus renseignée dans les travaux internationaux. Elle traduit la tendreté après cuisson perçue par les consommateurs. Ces mesures sont appréciées pour leur objectivité, leur rapidité et leur facilité (Evrat-Georgel, 2008). La comparaison des résultats obtenus entre laboratoires est difficile en raison de différences dans le protocole de mesure utilisé, celui-ci n'étant pas normalisé (instruments/temps de cuisson, orientation de fibres,

III.3. Mesures physico-chimiques

De nombreuses méthodes indirectes d'estimation de la tendreté et/ou du niveau de maturation de la viande ont été investiguées, notamment des méthodes basées sur la spectroscopie (observation visuelle) ou spectrométrie (enregistrement du signal par un appareil), et des méthodes électriques.

La spectroscopie d'absorption est aujourd'hui largement utilisée pour l'analyse des aliments. La spectroscopie d'émission, développée depuis une quinzaine d'années, est aujourd'hui également utilisée pour l'estimation de la quantité de certains éléments dans des produits alimentaires. L'exemple d'application de ces technologies pour l'estimation de la tendreté le plus connu est le QualitySpec®Beef Tenderness (QSBT). Cet outil basé sur la spectroscopie dans le proche infrarouge a été développé par la société américaine ASD inc-Colorado en collaboration avec l'USDA (United States Department of Agriculture). Les spectres obtenus par mesure au QSBT sur le long dorsal de l'animal permettent une prédiction des forces de cisaillement selon Warner-Bratzler à 14 jours de maturation assez précise même pour des valeurs basses. Après calibration, cette mesure permet, dans un contexte Américain, de classer les carcasses en deux catégories selon leur potentiel de tendreté, les carcasses « tendres » et « dures ». Cette mesure simple d'utilisation, adaptée aux

même de l'échantillon étudié qui est lui-même hétérogène, etc.) (revue de Hocquette et al., 2006)

D'autres méthodes sensorielles indirectes d'évaluation de la tendreté dont la réalisation est plus simple existent. La méthode d'évaluation au pouce est une méthode ancestrale de boucher. La tendreté est évaluée en effectuant une pression sur la surface de la viande. Cette méthode basée sur le savoir-faire de l'opérateur est cependant subjective et peu précise (Evrat-Georgel C., 2008).

Une méthode basée sur la vue et le toucher, l'évaluation du grain de viande, est utilisée par les professionnels. La finesse du grain est supposée être liée à la tendreté potentielle de la viande. Une grille de notation de cet indicateur a été construite et validée (Oury et al., 2010). Cependant, des études confirmant le lien entre le grain de viande et la tendreté seraient nécessaires avant d'utiliser cette méthode pour estimer le potentiel de tendreté d'une carcasse.

température, nombre de répétitions...). Cette mesure permet d'expliquer jusqu'à 48% de la variabilité totale de tendreté mesurée par un panel sensoriel, proportion qui dépend de la race et du système de production (Brouard et al., 2001 cité par Hocquette et al., 2006).

D'autres tests tels que les tests de mastication, les tests de pénétration, les tests de hachage et d'extrusion ou encore des tests d'extension ont été développés (Evrat-Georgel C., 2008). Aucun d'entre eux ne semble avoir fait l'unanimité au sein de la communauté scientifique quant à leur intérêt par rapport à la cellule de Warner-Bratzler, soit par leur manque de corrélation avec la tendreté mesurée par méthode sensorielle, soit par leur manque de précision, soit par leur coût et/ou leur complexité.

conditions industrielles, rapides et non destructives, est utilisée en routine chez Cargill¹ (Texas). L'utilisation de cette méthode ne semble cependant pas envisageable en France notamment en raison de la diversité du cheptel français. La méthode nécessite une calibration, l'élaboration d'équations de prédiction pour tous les différents types de productions françaises (différentes races, âges, etc.) (Roze, 2008).

De manière générale, les mesures spectroscopiques disponibles actuellement pour l'analyse des aliments représentent un investissement initial coûteux, elles ne sont pas automatisables et ne correspondent donc pas aux contraintes industrielles.

La mesure de l'impédance électrique présente un intérêt croissant en matière d'évaluation du potentiel de tendreté. Cette méthode ne permet pas de mesurer directement la tendreté mais le niveau de maturation de la viande. L'impédance électrique est la propriété d'un matériau à s'opposer au passage du courant. L'impédance des tissus biologiques est différente selon que le courant se propage parallèlement ou perpendiculairement aux fibres musculaires (anisotropes). Les modifications structurales de la viande au cours de la maturation affectent les propriétés mécaniques et électriques de la viande, l'impédance et le caractère anisotrope de la viande

¹ Entreprise Américaine spécialisée dans la fourniture d'ingrédients alimentaires ayant des implantations dans le monde entier (CA 2014 : 134,9 milliards de dollars américains). Sa filiale Cargill Beef est l'un des plus grands transformateurs de viande bovine Nord-Américains avec l'achat de 8 millions d'animaux et la production de près de 3,6 millions de tonnes de viande conditionnée et sous-produits.

(<http://www.cargill.com/company/businesses/cargill-beef/>)

évoluent donc au cours de celle-ci. Cette évolution est observable à l'aide d'un analyseur d'impédance muni de sondes avec des capteurs. Un brevet a été déposé en décembre 2005 par J. Lepetit, J.-L. Domez, S. Clerjon, R. Favier, S. Abouelkaram et B. Dominguez pour un « Capteur multi-électrodes de mesure d'une anisotropie électrique d'un matériau biologique et utilisation du capteur ». Un logiciel d'acquisition et de traitement de ces

III.4. Mesures de paramètres biochimiques associés au déterminisme de la tendreté

La tendreté étant un critère multifactoriel, il est possible de l'expliquer partiellement par des méthodes indirectes estimant certaines des composantes de son déterminisme.

Ainsi, le dosage du collagène, qui représente 80% du tissu conjonctif est un bon indicateur de la dureté de base. La méthode de référence communément admise pour déterminer la quantité de collagène dans un échantillon de viande est le dosage de l'hydroxyproline.

Des mesures sur myofibrilles sont également réalisées. Par exemple dans le projet QUALVIGENE, la surface moyenne des fibres musculaires a été effectuée par analyse

III.5. Difficultés communes à toutes les méthodes d'évaluation, obstacles à l'évaluation et à la prédiction fiable de la tendreté

L'élaboration d'une méthode d'estimation fiable, précise, répétable, reproductible, adaptée aux conditions industrielles, peu coûteuse et représentative de la sensation de tendreté lors de la mastication est complexe pour plusieurs raisons.

D'une part, les processus de perception de la tendreté par les consommateurs au cours de la mastication ne sont pas très bien définis. La satisfaction d'un consommateur pour ce critère est une réponse complexe basée sur une évaluation personnelle et subjective des propriétés sensorielles, mais aussi émotionnelle du produit (type de production, prix, lieu d'achat...).

D'autre part, les mécanismes biologiques impliqués dans l'élaboration de la tendreté sont multiples, certains sont encore mal définis, voire méconnus, et la contribution de chacun de ces mécanismes au déterminisme de la tendreté est différente d'un muscle à l'autre, voire d'un animal à l'autre et en fonction des conditions de maturation. L'obstacle majeur à l'estimation du potentiel de tendreté d'une carcasse est son hétérogénéité. La tendreté varie en effet fortement d'un muscle à l'autre, et

données appelé MAEL® a été développé et déposé auprès de l'Agence de Protection des Programmes (APP). Domez et al. (2011) insistent sur le fait que le dispositif est conçu pour une utilisation en milieu industriel. La diffusion de cet appareil à l'échelle industrielle n'a, semble-t-il, pas encore commencé. Les capteurs ne sont pas très coûteux, le prix du logiciel MAEL® associé n'est pas connu.

d'images, puis le nombre moyen de fibres du muscle a pu être estimé à partir de cette surface et de celle du muscle étudié.

Des dosages d'enzymes impliquées ou supposées avoir un rôle potentiel dans le processus de maturation peuvent également être réalisés. On peut ainsi doser les activités des calpaïnes, de la calpastatine (inhibiteur de calpaïnes), des cathepsines, des sérines peptidases, des caspases... . Cependant, une partie des mécanismes biologiques liés à l'attendrissage de la viande étant encore aujourd'hui relativement méconnus, ces résultats seront à interpréter avec prudence (Evrat-Georgel, 2008).

ce également en fonction de la méthode de mesure utilisée. Selon le type de muscle considéré, la tendreté de la viande peut être expliquée par des différences au niveau des propriétés contractiles et métaboliques des fibres musculaires (Picard et al., 2014), des systèmes protéolytiques mis en jeu lors de la maturation, de la quantité de lipides présente dans le muscle... et d'autres paramètres encore inconnus. Aucune caractéristique d'un muscle donné ne peut être prédictive de la qualité sensorielle de l'ensemble des autres muscles de la carcasse (Rhee et al., 2004 ; Chriki, 2013).

En 2009, une étude de l'Institut de l'Élevage a mis en évidence que la satisfaction des consommateurs concernant la viande de bœuf dépendait bien du type de muscle considéré. Le faux filet, le rumsteck, les viandes piécées en UVCI sous vide et les viandes marinées semblaient alors satisfaire les consommateurs. En revanche, la tranche, la gîte à noix, les brochettes et la viande à griller, moins satisfaisants, étaient ciblés pour mener un travail d'amélioration de la tendreté (Normand, 2009).

CONCLUSIONS

Le déterminisme de la tendreté d'une viande bovine est particulièrement complexe. En effet, interviennent des paramètres d'élevage, d'abattage et de transformation. Des caractéristiques musculaires et des mécanismes biologiques complexes et variés interviennent également dans cette détermination. L'appréciation de la tendreté d'une viande est donc difficile à appréhender.

Conscient de l'importance de ce critère pour les consommateurs, un arrêté ministériel a été mis en place en 2014, visant à simplifier l'étiquetage des viandes vendues au rayon libre-service, où le consommateur est seul dans sa prise de décision. Aujourd'hui, le consommateur est informé du potentiel de tendreté de la pièce de viande qu'il achète. En effet, une notation allant de 1 à 3 étoiles a été mise en place, les viandes classées dans la catégorie 3 étoiles étant potentiellement les plus tendres. Il est également important

de noter que la tendreté d'une viande est tout d'abord déterminée par le muscle dont elle est issue, la maturation, le travail de la viande (tel que l'attendrissage), mais aussi la cuisson réalisée. En effet, la tendreté de la viande est appréciée gustativement par le consommateur après cuisson de cette dernière. La cuisson a un rôle majeur dans l'appréciation de la tendreté. L'arrêté ministériel vise donc également à informer les consommateurs sur le mode de cuisson à réaliser.

Afin de mieux connaître les déterminants biologiques de la tendreté des différents muscles et de pouvoir mieux expliquer la variabilité de la tendreté afférente aux caractéristiques propres aux individus, les approches génomiques, protéomiques et transcriptomiques ont été développées et utilisées en recherche depuis une dizaine d'années, ce qui fait l'objet d'un second article.

Références :

- Bastien D. (2011). Tendreté de la viande bovine : les composantes musculaires & les facteurs explicatifs amont (Institut de l'élevage, service qualité des viandes). Satellite 3T (Actualité, Technicité, Nouveauté) des 3R. (8 décembre 2011).
- Chriki S., Renand G., Picard B., Micol D., Journaux L., Hocquette J.F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, 155, 424-434.
- Damez J.L., Clerjon S., Albouelkaram S., Lepetit J. (2011). Vers un système de mesure autonome pour la détermination de l'état de maturation. *Viandes et produits carnés*, 28, 2, 111-117.
- Evrat-Georgel C. (2008) Bibliographie critique des méthodes instrumentales de mesure de la tendreté de la viande bovine, compte rendu final n°17 0832 028. Institut de l'élevage, département techniques d'élevage et qualité, service qualité des viandes. Collection Résultats.
- Guillemain N., Cassar-Malek I., Hocquette J.F., Jurie C., Micol D., Listrat A., Leveziel H., Renand G., Picard B. (2009). La maîtrise de la tendreté de la viande bovine : identification de marqueurs biologiques. *INRA Productions Animales*, 22, 4, 331-344.
- Hocquette J.F., Renand G., Dufour E., Lepetit J., Nute G.R. (2006). Traditional and new methods to assess beef quality. Book of abstracts of the 57th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, EAAP Book of Abstracts, 12, 53-75.
- Micol D., Jurie C., Hocquette J.F. (2010). Chapitre 13 : Qualités sensorielles de la viande bovine. Impacts des facteurs d'élevage ? Muscle et viande de ruminant. Versailles : Éditions Quae, 165-174.
- Normand J. (2009). Enquête nationale sur la tendreté de la viande bovine proposée au consommateur français, compte rendu final n° 00 09 32 109. Institut de l'élevage, département techniques d'élevage et qualité, service qualité des viandes. Collection Résultats.
- Ouali A. (1991). Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA Productions Animales*, 4, 3, 195-208.
- Oury M.P., Picard B., Istasse L., Micol D., Dumont R. (2007). Mode de conduite en élevage et tendreté de la viande bovine. *INRA Productions Animales*, 20, 4, 309-326.
- Oury M.P., Durand Y., Micol D., Dumont R. (2010). Construction et validation d'une grille de notation du « grain de viande » sur la carcasse à partir des savoir-faire de professionnels de la filière. *Viandes et Produits carnés*, 28, 2, 35-40. http://www.viandesetproduitscarnes.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=130:qualite-de-la-viande-bovine-charolaise-vol-28-2&catid=90&Itemid=489&lang=fr
- Picard B., Gagaoua M., Micol D., Cassar-Malek I., Hocquette J. F., Terlouw C.E.M. (2014). Inverse Relationships between Biomarkers and Beef Tenderness According to Contractile and Metabolic Properties of the Muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 40, 9808-9818.
- Picard B., Hocquette J.F., Cassar-Malek I. (2010). Chapitre 11 : Marqueurs biologiques de la qualité sensorielle des viandes bovines. Muscle et viande de ruminant. Versailles : Éditions Quae, 145-152.
- Rhee M.S., Wheeler T.L., Shackelford S.D., Koohmaraie M. (2004). Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science*, 82, 534-550.
- Roze S. (2008). Vérification des performances du Quality Spec® BT à mesurer en ligne la tendreté de la viande bovine, compte rendu final n° 17 08 32 011. Institut de l'élevage, département techniques d'élevage et qualité, service qualité des viandes. Collection Résultats.
- Touraille C. (1994). Incidence des caractéristiques musculaires sur les qualités organoleptiques des viandes. *Rencontres Recherches Ruminants*, 1, 169-176.