



# Suspension pelvienne et maturation de la viande de bœuf

**Suspension pelvienne et maturation sont deux puissants leviers d'amélioration de la qualité sensorielle de la viande bovine**

**Mots-clés :** Viande bovine, Suspension pelvienne, Maturation, Tendreté, Goût, Qualité supérieure, Beef meat, Tenderstretching, Ageing, Tenderness, Flavour, Premium quality

**Auteurs :** Isabelle Legrand<sup>1</sup>, Rod Polkinghorne<sup>2</sup>, Christophe Denoyelle<sup>3</sup>, Paul Tribot Laspière<sup>4</sup>, Philippe Bru<sup>5</sup>, Jean-François Hocquette<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, MRAL, Boulevard des Arcades, 87060 Limoges Cedex 2, France

<sup>2</sup> Birkenwood Pty Ltd, 431 Timor Road, Murrundi, NSW 2338, Australia

<sup>3</sup> Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12, France

<sup>4</sup> Institut de l'Élevage, Route d'Épinay, 14310 Villers-Bocage, France

<sup>5</sup> C.V. Plainemaison, 18 rue des abattoirs, 87000 Limoges

<sup>6</sup> INRAE, VetAgro Sup, UMRH Theix, 63122 Saint-Genès Champanelle, France

E-mail de l'auteur correspondant : Isabelle.Legrand@idele.fr

**Comment améliorer la qualité sensorielle de la viande bovine pour mieux la valoriser ? Une expérimentation a quantifié les effets du mode de suspension de la carcasse lors du ressuage et de la durée de maturation sur 4 muscles de 9 vaches Limousines. Suspension pelvienne et allongement de la maturation améliorent tous deux les qualités de la viande en bouche perçues par des consommateurs non entraînés.**

## Résumé :

A la demande de l'entreprise C.V. Plainemaison, l'Institut de l'Élevage a mis en place une expérimentation sur 9 vaches de race Limousine de plus de 390 kg de carcasse, originaires du bassin de production limousin. L'objectif de cet essai était de quantifier les effets du mode de suspension de la carcasse lors du ressuage et de la durée de maturation sur les qualités en bouche de 4 muscles issus de morceaux bien valorisés : l'entrecôte, le faux-filet, le cœur de rumsteck et le cœur de tende de tranche. Après la pesée fiscale, une demi-carcasse de chaque animal a été suspendue par le tendon d'Achille et l'autre par le bassin, ces 2 modes de suspension étant croisés avec 2 durées de maturation : 10 ou 20 jours. Les 4 modalités testées intra-animal ont été évaluées lors d'une dégustation de steaks grillés par 240 consommateurs naïfs selon la méthodologie australienne « MSA » (« Meat Standards Australia »).

La suspension pelvienne et l'allongement de la maturation ont tous deux un effet bénéfique très hautement significatif sur la tendreté, la satisfaction liée au goût, la jutosité, l'appréciation globale et le classement de satisfaction des viandes par les consommateurs. Il n'y a pas de différence de réponse entre muscles à ces deux traitements. L'effet de la suspension pelvienne s'avère le plus important pour la tendreté. Pour ce critère et pour la jutosité, les effets du mode de suspension et de la durée de maturation sont indépendants. En revanche, pour les autres paramètres, la suspension pelvienne a un impact supérieur après 10 jours de maturation, comparativement à 20 jours. Ces résultats ont été intégrés au cahier des charges de la marque privée « Or Rouge, viande Limousine d'exception » récemment lancée par l'entreprise C.V. Plainemaison.

## Abstract: Pelvic suspension and meat ageing

Institut de l'Élevage set up an experiment for the company C.V. Plainemaison which involved 9 cows from the Limousine breed and the limousine region which carcasses weighed more than 400 kg. The study aimed to quantify the effects of carcass hanging method during chilling and ageing duration on eating qualities of 4 muscles coming from favorably priced cuts: cub roll, striploin, eye of rump and topside. At the end of the slaughter line, after weighing, one half-carcass of each animal was hung from the Achilles tendon and the other one from the pelvic bone, both hanging methods being crossed with 2 ageing durations: 10 or 20 days. The 4 treatments tested within the same animal were assessed by 240 untrained consumers during a tasting of grilled steaks according to the "MSA" (« Meat Standards Australia ») protocols.

Both pelvic suspension and ageing extension up to 20 days improved tenderness, flavour liking, juiciness, overall liking and quality ranks of meat samples judged by consumers. These effects were highly significant and didn't vary between muscles. The most important impact of tenderstretching concerned tenderness. For this criteria and for juiciness, pelvic suspension and aging had independent effects. However, for the other ones tenderstretching had a higher impact on meats aged 10 days than 20 days. These results have been introduced within the requirements specifications of the premium beef brand "Or Rouge, exceptional Limousine meat" recently launched by C.V. Plainemaison.

## INTRODUCTION

Avec la flaveur, la tendreté de la viande de bœuf est l'un des critères de qualité les plus recherchés par les consommateurs (Bonny *et al.*, 2017 ; Legrand *et al.*, 2013 ; Justine, 1999). Elle est pourtant irrégulière et contribue sans aucun doute à limiter la consommation, puisqu'il n'existe aucune relation nette entre le prix de la viande bovine proposée au consommateur et la qualité gustative de cette viande (Bonny *et al.*, 2016a, Normand *et al.*, 2014). Certaines techniques sont à la disposition de la filière pour améliorer la tendreté, à l'instar de la maturation, bien connue, ou encore de la suspension pelvienne. L'influence de la maturation sur la tendreté de la viande n'est plus à démontrer (Hostetler *et al.*, 1975 ; Eikelenboom *et al.*, 1998 ; revue de Culioli, 1999 ; Bastien *et al.*, 2002 ; Bastien et Tribot Laspière, 2003 ; Hopkins, 2004 ; Bauchart *et al.*, 2010 ; Marzin *et al.*, 2011 ; Devine *et al.*, 2017).

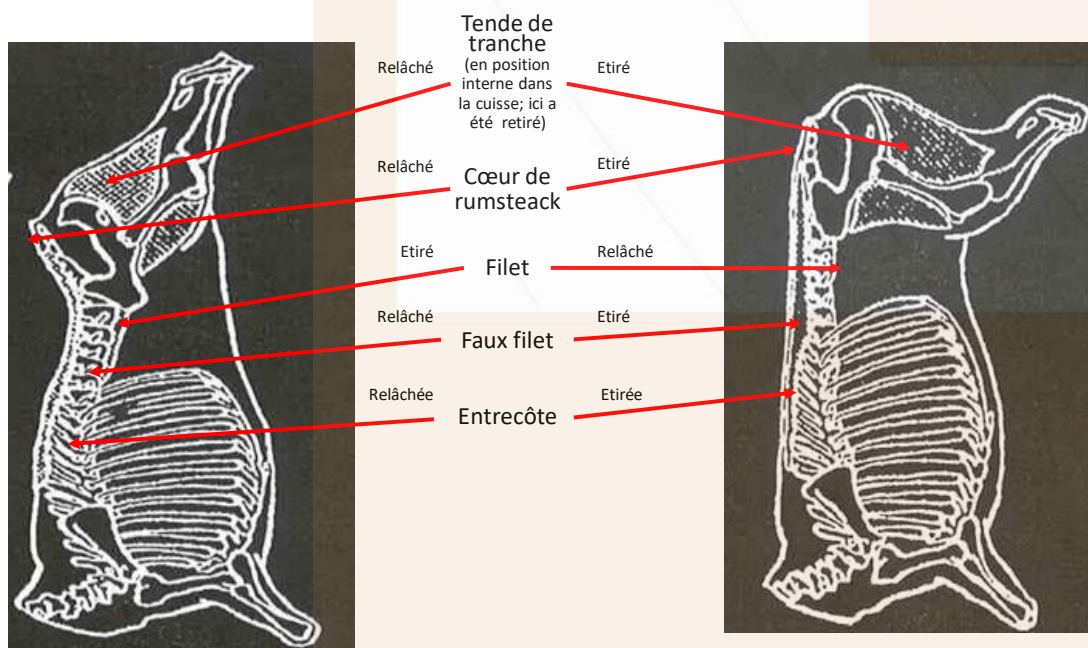
Mais la tendreté de la viande ne dépend pas de ce seul paramètre ; d'autres interviennent depuis les conditions

d'élevages jusqu'à la cuisson du morceau, à l'instar de la suspension pelvienne qui modifie la position des muscles à l'entrée en *rigor mortis*. L'effet de cette dernière a été identifié de longue date (Arrango *et al.*, 1970 ; Hostetler *et al.*, 1970, 1972, et 1973 ; Bouton *et al.*, 1972 ; Joseph et Connolly, 1977) et été validé et quantifié plus récemment dans un contexte français sur des bovins de poids de carcasse allant de 260 à 400 kg lors de travaux de l'Institut de l'Élevage (Tribot Laspière, 2001 et 2015 ; Bastien, 2002 ; Bastien *et al.*, 2006). La suspension pelvienne a aussi été testée sur d'autres espèces animales, comme le cerf et le daim (Hutchinson *et al.*, 2014) ou encore les ovins (Anonyme, 2015). Le mode d'accrochage des carcasses pendant leur entrée en *rigor mortis* (soit par le tendon d'Achille ou soit par le bassin = suspension pelvienne) modifie la position des muscles, certains étant étirés, d'autres relâchés ou comprimés (Figure 1, Tableau1).

**Figure 1** : L'étirement d'une partie de l'arrière, principe de la suspension pelvienne, fait prendre à la carcasse une position proche de celle qu'elle avait du vivant de l'animal

Suspension par le tendon d'Achille

Suspension pelvienne (par le bassin)



L'étirement d'un muscle au cours de cette période permet d'améliorer sensiblement sa tendreté : c'est le cas d'un grand nombre de muscles de l'arrière (dos et arrière de la cuisse) lors d'une suspension pelvienne des carcasses. Cette technique d'attendrissage des viandes est appelée « Tenderstretching » dans la littérature scientifique (littéralement : attendrissage par étirement). La suspension pelvienne est largement utilisée à l'étranger et notamment dans les pays anglo-saxons (Royaume-Uni, États-Unis, Australie), mais pas uniquement (Suède ; Ahnström *et al.*, 2012). Jusqu'à présent, les opérateurs français n'appliquaient *a priori* pas la technique malgré son efficacité prouvée et même si certains avaient déjà réalisés quelques tests. En effet, l'Institut de l'Élevage avait été contacté à plusieurs reprises

par des entreprises à ce sujet, dans les années 2000, après la diffusion des résultats des études précédemment citées, financées par Interbev et l'Ofival. Les raisons de l'absence de recours à la suspension pelvienne ne sont pas toujours clairement formulées, mais le besoin d'un poste spécifique d'accrochage après pesée fiscale est évoqué, de même que le double risque hygiénique et sécuritaire lié à un éventuel décrochage des carcasses d'autant que les animaux français sont souvent plus lourds que leurs homologues anglo-saxons. La nécessité de disposer de plus de place dans les locaux réfrigérés du fait d'un encombrement spatial supérieur, ou encore l'impact sur l'étape de mise en quartiers et sur les formes, présentation et découpe de certains muscles sont aussi des freins.

**Tableau 1** : Effets comparés de la suspension par le tendon d'Achille (TA) et de la suspension pelvienne (SP) sur l'état des muscles au moment du « caillage » de la carcasse et conséquences sur la tendreté (d'après Tribot Laspière, 2001).

Muscle	Etat du muscle avec TA	Etat du muscle avec SP	Effet sur la tendreté
Faux-Filet	Relâché par l'hyper cambrure de la colonne vertébrale	Etiré par la voussure de la colonne vertébrale	SP > TA
Rumsteck	Relâché par le fémur qui s'étend en arrière	Etiré par la fermeture des articulations coxofémorales	SP > TA
Tende de Tranche Semimembraneux	Relâché par l'ouverture de l'angle coxofémoral	Etiré par la fermeture de l'angle coxofémoral	SP > TA + 2 jours de maturation SP = TA + 9 jours de maturation
Tende de Tranche Adducteur	Relâché par l'ouverture de l'angle coxofémoral	Etiré par la fermeture de l'angle coxofémoral	SP > TA
Rond de tranche	Relâché grâce à l'extension du tibia par rapport au fémur	Relâché grâce à l'effet du poids de la jambe par l'articulation du genou	SP = TA
Rond de gîte	Etiré par le poids de la partie avant de la carcasse	Etiré par le poids de la jambe qui retombe	SP = TA
Gîte-noix	Relâché et comprimé par une compression frontale	Relâché et moins comprimé (/TA) par une compression latérale	SP > TA + 2 jours de maturation SP = TA + 9 jours de maturation

Afin de pouvoir s'approprier au mieux les deux procédés, suspension pelvienne et maturation, en vue d'une éventuelle prise en compte dans son cahier des charges qualitatif, l'entreprise C.V. Plainemaison a souhaité évaluer leurs performances dans son contexte d'activité. L'étude avait pour objectif de tester le croisement des deux techniques afin de pouvoir quantifier, positionner et hiérarchiser leurs effets respectifs sur les viandes d'animaux intéressant l'entreprise. Deux modes de suspension de la carcasse (par le tendon d'Achille ou par le bassin c'est-à-dire en suspension pelvienne) croisés avec deux durées de maturation intéressant l'entreprise (10 ou 20 jours) ont donc été comparés pour leurs effets sur les qualités organoleptiques des viandes de vaches Limousines (Legrand, 2016 ; Photographie 1). L'étude s'est exclusivement basée sur des résultats d'analyse sensorielle, et

non sur des méthodes instrumentales (mesures de cisaillement, compression, longueur des sarcomères...) dont l'interprétation est sujette à discussion (Cassignol, 2018). Le choix s'est porté sur un jury de consommateurs non entraînés, destinataires finaux des viandes, plutôt que d'experts : en effet, l'éventuelle mise en évidence d'écarts entre viandes non perceptibles par les consommateurs ciblés a peu d'intérêt dans le contexte de l'étude. Un autre objectif était de soutenir le projet européen d'élaboration d'un modèle de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine s'inspirant du modèle australien existant « MSA » (« Meat Standards Australia »), en utilisant les protocoles pour le classement des carcasses et le test sensoriel des viandes (Jurie *et al.*, 2008 ; Moëvi *et al.*, 2008 ; Hocquette *et al.*, 2011).

**Photographie 1** : Les deux modes de suspension des demi-carcasses comparés, suspension pelvienne (à gauche) et classique (à droite)



© Idele

## I. MATERIEL ET METHODES

### I.1. Animaux

De race Limousine, les vaches impliquées dans l'étude étaient nées, élevées et abattues en région limousine et provenaient d'élevages différents.

Les animaux ont été abattus à l'abattoir de Limoges, les deux moitiés de chaque carcasse étant affectées de manière aléatoire aux deux modes de suspension après la pesée fiscale. Les chutes de pH et de température ont été contrôlées dans les 6 premières heures *post-mortem* afin de vérifier le bon déroulement du ressuage, les carcasses étant stimulées en début de chaîne. Après 48 heures d'accrochage, les demi-carcasses en suspension pelvienne ont été ré-accrochées classiquement à la coupe de gros. Le pH ultime a été mesuré dans le long dorsal des arrières : aucun n'a dépassé 5,7, indiquant une acidification *post-mortem* normale. Afin d'abonder la base de données européenne destinée à élaborer un modèle de prédiction de la qualité en bouche sensorielle

de la viande bovine s'inspirant du modèle australien existant "MSA" (pour "Meat Standards Australia"), l'un des objectifs du projet, chaque carcasse a été classée selon les spécifications MSA par un classificateur polonais agréé. Lors de l'expérimentation, cette personne était la seule agréée en Europe par le MLA (pour "Meat & Livestock Australia"), propriétaire du système MSA, pour procéder à ce type de classement. Les critères évalués étaient les suivants (Photographie 2) : score d'ossification, hauteur d'encolure, persillé du long dorsal, épaisseur du gras sous-cutané sur le même site (à la 10<sup>ème</sup> côte), couleur de la viande, couleur du gras, surface de la noix du long dorsal à la 5<sup>ème</sup> et à la 10<sup>ème</sup> côte. La maturation s'est déroulée sur os dans les locaux de l'entreprise durant les 9 premiers jours, puis les quartiers ont été débités, ce qui a permis de mesurer la surface de la noix du long dorsal à la 10<sup>ème</sup> côte, à l'instar de ce qui se fait en Australie.

**Photographie 2** : Les outils MSA d'évaluation du degré d'ossification (en haut), du persillé (en bas à droite), de la couleur de viande et de la couleur de gras (en bas le plus à gauche) des carcasses



© Idele

### I.2. Prélèvements

L'entreprise C.V. Plainemaison a choisi de travailler sur 4 muscles supports de la valeur commerciale de la carcasse, potentiellement concernés par sa démarche qualitative et susceptibles d'être impactés tant par la maturation, que par la suspension pelvienne de par leur localisation. Lesdits muscles ont été prélevés des 2 côtés de la carcasse, coupés en deux et mis sous vide : dans l'entrecôte, le *longissimus thoracis* de la 6<sup>ème</sup> à la 8<sup>ème</sup> côte ; dans le faux-filet, le *longissimus lumborum* au niveau des 3 premières lombaires ; dans le cœur de rumsteck, le *gluteus medius*, sans le filet, affranchi et "nerf" retiré, et dans le milieu du cœur de tendre de tranche, le *semimembranosus*, hors talon et hors *adductor femoris*. Les muscles *longissimus thoracis*, *longissimus lumborum* et *gluteus medius* sont réputés de tendreté initiale moyenne, les

deux premiers réagissant très fortement à la maturation et le troisième fortement. La réponse à la maturation est également forte pour le *semimembranosus*, mais son niveau de tendreté initiale est peu élevé (Marzin, 2014).

Une moitié de chaque muscle, choisie aléatoirement, a été congelée le lendemain, après 10 jours de maturation, et l'autre a continué à maturer sous vide avant congélation à l'issue des 20 jours de maturation prévus. Après 8 à 10 semaines de stockage, les viandes ont été décongelées en réfrigérateur la veille pour le lendemain, puis cuites dans le respect des préconisations australiennes sous forme de steaks saignants de 2,5 cm d'épaisseur durant 3 minutes et 15 secondes sur un grill de marque Silex. Les dégustations ont été réalisées selon le protocole australien dédié (Watson *et al.*, 2008).

### I.3. Tests de dégustations consommateurs

Les 144 échantillons de viande différents (9 animaux x 4 muscles x 2 modes de suspension x 2 durées de maturation) ont été dégustés selon le protocole de Watson *et al.* (2008) par 240 consommateurs réguliers de viande bovine (minimum 2 fois/mois), préférant la viande cuite saignante (77%), voire bleue (23%). Chacun de ces échantillons a été dégusté par 10 consommateurs différents. Un consommateur a évalué successivement 7 bouchées (test en monadique séquentiel) : 6 des échantillons à tester et une viande témoin (faux-filet) dégustée en premier pour servir de calage/référence.

Les dégustations ont été réalisées par l'Institut de l'Élevage, à Paris (Photographie 3). Douze séances de 20 personnes ont été organisées à raison de 3 par jour, soit 4 jours de test répartis sur 2 semaines consécutives. Les séances

étaient planifiées chaque jour à 11h, 12h30 et 14h, de sorte à toucher des publics variés.

Le questionnaire « consommateurs » utilisé dans les travaux français relatifs au système MSA demande environ 1 h à chaque dégustateur et comprend :

- l'appréciation successive des 7 échantillons selon 4 critères (tendreté, jutosité, appréciation du goût, appréciation globale), chacun évalué sur une échelle de 0 à 100, ainsi qu'un classement de l'échantillon en 4 niveaux de qualité (non satisfaisant, courant = standard, bon, supérieur),
- des questions sur le consommateur, ses habitudes d'achat et de consommation de viande et les prix qui lui paraissent acceptables pour chacun des 4 niveaux de qualité proposés.

**Photographie 3 : Préparation des échantillons de viande en cuisine avant le service**



© Idele

### I.4. Analyses statistiques

Les données ont fait l'objet d'une exploitation statistique à l'aide des logiciels SAS 9.4. Des traitements descriptifs ont été effectués pour caractériser les animaux, les consommateurs et les résultats des évaluations des viandes, la variable qualitative représentée par la classe de satisfaction des consommateurs étant traitée comme une variable quantitative. La procédure CORR de SAS a permis de calculer des coefficients de corrélation de Pearson entre les 5 critères sensoriels évalués par le jury. Des analyses de variance ont ensuite été réalisées par la procédure MIXED de SAS. Il a été tout d'abord vérifié que les interactions « mode

de suspension x muscle » et « durée de maturation x muscle » n'étaient jamais significatives. Pour les 5 variables sensorielles étudiées, le côté de la carcasse, le muscle (incluant le faux-filet témoin, mûré 10 jours après une suspension classique et dégusté en premier), le mode de suspension, la durée de maturation et l'interaction « mode de suspension x durée de maturation » ont été considérés comme effets fixes. La séance de dégustation, le consommateur (intra-séance de dégustation), et l'animal étaient pris en compte comme des effets aléatoires.

## II. RESULTATS ET DISCUSSION

### II. 1. Caractéristiques des animaux et des consommateurs

Les 9 vaches impliquées dans l'expérimentation étaient âgées de 5 à 14 ans, pour une moyenne de 10,5 ans. Leur degré d'ossification était prononcé, supérieur ou égal à 500, l'échelle plafonnant à 500 en Australie (Anonyme, 2017a). Ceci n'est pas étonnant, puisque ce critère est censé rendre

compte du degré de maturité de l'animal et que l'Australie abat et consomme principalement de jeunes animaux (bouvillons ou génisses). Pour les bovins plus âgés telles les vaches étudiées, un récent travail a montré que l'âge réel de l'animal était mieux lié à la qualité de la viande en bouche que

le degré d'ossification (Bonny *et al.*, 2016b). Les poids des carcasses ici concernées variaient de 404 à 455 kg, pour une moyenne de 428 kg. La conformation des carcasses était comprise entre U= et R-, l'état d'engraissement étant de 3. L'épaisseur du gras sur la 10ème côte était de 5,3 mm (4 à 7 mm), la viande peu persillée, avec un score moyen de 350 sur une échelle de 200 à 1190 (Anonyme, 2017b), et assez colorée. Le gras présentait une couleur plutôt claire.

Les consommateurs ciblés comportaient, quant à eux, une dominante d'hommes (67%) disposant d'un bon pouvoir d'achat : tous appartenaient à la classe moyenne ou supérieure, 64% d'entre eux vivant dans un foyer dont au moins l'un des membres était de catégorie socioprofessionnelle supérieure. La répartition des tranches d'âge était proche de celle de la population française recentrée sur des individus de 25 à 70 ans.

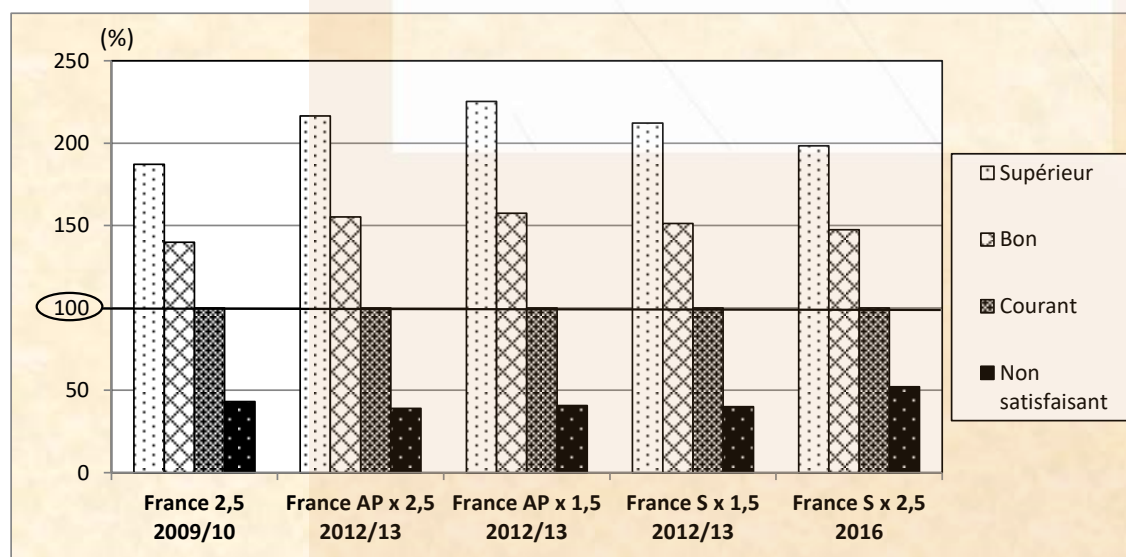
Ces consommateurs se sont dits prêts à payer en moyenne 2 fois moins une viande jugée non satisfaisante en bouche qu'une viande courante de qualité standard. Ils paieraient en revanche 2 fois plus un produit de qualité supérieure qu'un produit standard et environ 47% plus cher un produit de bonne qualité (Figure 2).

Les mêmes tendances ont été observées lors des précédentes études françaises réalisées sur le système MSA en 2009/10 et en 2012/13 et portant sur un total de 1500 consommateurs français (Legrand *et al.*, 2011, 2013 et 2017, Hocquette *et al.*, 2017). Une légère différence ressort sur le niveau de prix accepté pour une viande non satisfaisante en bouche, rapporté à celui d'une viande de qualité courante. Ce prix est ici légèrement supérieur : les consommateurs de

l'étude, plutôt aisés et masculins, acceptent de payer un peu plus pour les viandes de qualité médiocre que lors des travaux antérieurs, mais pas forcément plus pour la qualité supérieure. Reste qu'il s'agit de simples déclarations, dont on sait qu'elles peuvent être décalées de la réalité des pratiques d'achat à la distribution de détail.

Les prix moyens annoncés sont de 6,4 €/kg, 12,3 €/kg, 18,2 €/kg et 24,5 €/kg, respectivement pour une viande non satisfaisante, courante, de bonne qualité et de qualité supérieure. La variabilité des prix donnés pour une même classe de qualité augmente avec le niveau qualitatif (écart-type moyen des prix variant de 4,8 €/kg pour le produit non satisfaisant à 8,2 €/kg pour la qualité supérieure). Les niveaux de prix moyens fournis par FranceAgriMer d'après Kantar Worldpanel pour l'année concernée (2016) sont les suivants : 13,8 €/kg pour le steak grillade (viande courante), 17,3 €/kg pour le rumsteck, 16,4 €/kg pour le faux-filet et 19,4 €/kg pour l'entrecôte. Les prix obtenus auprès des consommateurs sont donc assez proches de ceux des marchés de l'époque pour les 2 classes de qualité intermédiaires, quoique probablement un peu inférieurs ; pourtant, il s'agit de consommateurs choisis pour partie pour leur aisance matérielle. Une comparaison aux prix 2020 amènerait à augmenter d'environ 3 à 5% les prix pratiqués en 2016. Il est plus délicat de commenter les prix attribués aux 2 classes de qualité extrêmes. En effet, le prix donné pour un produit insatisfaisant en bouche ne reflète pas une réalité de marché et les prix de marché des produits de qualité supérieure sont très variables selon les démarches et circuits distribution concernés.

**Figure 2 : Consentement à payer pour chacune des 4 classes de qualité rapporté à celui du produit de qualité courante dans les études françaises ayant utilisé la méthodologie MSA**



2,5 et 1,5 : épaisseurs des steaks dégustés en cm

AP et S : degrés de cuisson des steaks, soit à point et saignant

Dates : périodes de réalisation des dégustations, l'année 2016 correspondant à la présente étude

## II.2. Des jugements de consommateurs très cohérents

D'une manière générale, les résultats relatifs au classement de satisfaction des 240 consommateurs interrogés présentent une grande cohérence. La hiérarchie qualitative connue des différents muscles dégustés se retrouve en moyenne, avec 66% des morceaux d'entrecôte classés bons ou de qualité supérieure, contre 53% pour le faux-filet, 35% pour le rumsteck et 26% pour le tendon de tranche (360

réponses de consommateurs par muscle). L'effet « muscle » est toujours très hautement significatif, traduisant ces écarts de niveaux de performances moyens entre muscles.

Néanmoins, la qualité de chaque muscle s'avère très hétérogène, chaque muscle étant susceptible de fournir des viandes des 4 classes de qualité proposées (Figure 3). Ce résultat tient probablement plus de la grande variabilité

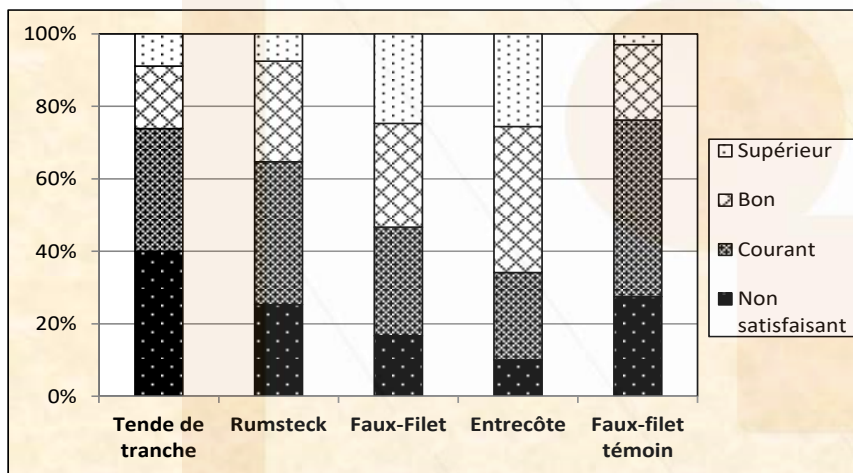
interindividuelle que d'écart qualitatifs intramusculaires, puisque le prélèvement et la préparation des échantillons à déguster sont très cadrés par le protocole australien, ainsi qu'évoqué en partie I.2. Ceci met en évidence, comme bien d'autres travaux, la nécessité de développer un système de prédiction de la qualité en bouche de la viande bovine, à l'instar du MSA, sous peine de décevoir les consommateurs (Bonny *et al.*, 2018).

On pourrait s'étonner du niveau qualitatif moyen assez bas des morceaux, mais c'est un résultat classiquement observé dans les études consommateurs, y compris sur des produits non carnés. Les consommateurs adultes hésitent souvent à utiliser les bornes des échelles proposées, préférant

positionner leurs évaluations de façon plus centrale. Dans le cas des enfants, non concernés ici, l'avis est souvent plus tranché, avec des notes se situant très proches des bornes.

Les statistiques simples sur les résultats de dégustation montrent que l'appréciation globale est très liée à l'appréciation du goût et à la tendreté (coefficients de corrélation respectifs  $r$  de 0,92 et 0,88 ;  $P < 0,001$ ), moins à la jutosité (corrélation de 0,75 ;  $P < 0,001$ ). Cette dernière est également moins liée à la classe de qualité (corrélation de 0,60 ;  $P < 0,001$ ) qu'à l'appréciation globale, à la tendreté ou à l'appréciation du goût (corrélations respectives de 0,84 ; 0,78 et 0,78 ;  $P < 0,001$ ).

**Figure 3 : Des classements de satisfaction des consommateurs cohérents mais très variables intra-muscle**



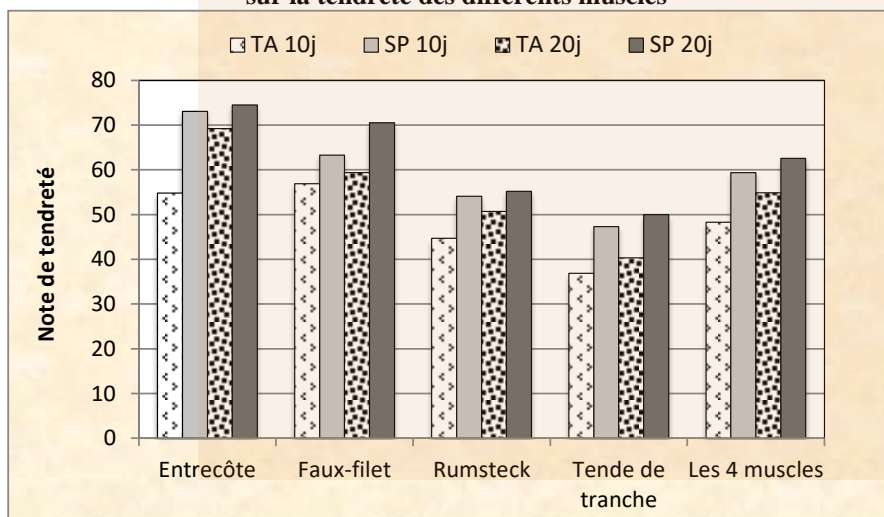
### II.3. Pas de différence de réponse aux deux traitements entre les muscles étudiés

Les résultats statistiques montrent qu'il n'y a pas d'interaction de la suspension ou de la maturation avec le muscle : l'entrecôte, le faux-filet, le cœur de rumsteck et le cœur de tende de tranche réagissent globalement de manière identique à chacun de ces 2 traitements (Figure 4). En conséquence, les commentaires et illustrations chiffrées présentés portent essentiellement sur les résultats obtenus tous muscles confondus.

Sur la base des moyennes brutes, certaines vaches semblent mieux répondre que d'autres à la suspension pelvienne et/ou à l'allongement de la maturation. Comme

l'effet "muscle" précédemment évoqué, l'effet "animal" ressort toujours significatif (Tableau 2) : les viandes des différents animaux ont des niveaux de performances en bouche variés, ce qui est très classique pour les bovins. A ce jour, le problème de l'identification des animaux les plus qualitatifs et/ou les plus sensibles aux pratiques amélioratrices proposées n'a pas trouvé de solution. Tout comme la maturation, la suspension pelvienne est une technique utilisable pour ses effets bénéfiques moyens sur la tendreté, mais avec une certaine variabilité de réponse animale : il n'y donc pas de garantie individuelle.

**Figure 4 : Les effets des 4 modalités testées, associant mode de suspension et durée de maturation, sur la tendreté des différents muscles**



**Tableau 2 : Résultats des analyses de variance sur les qualités en bouche, incluant le faux-filet témoin maturé 10 jours après suspension classique (signification des effets : NS =  $P > 0,05$  ; \* =  $0,01 < P < 0,05$  ; \*\* =  $0,001 < P < 0,01$  ; \*\*\* =  $P < 0,001$ ). Les résultats sont exprimés sur une échelle de 0 à 100 pour les scores de tendreté, jutosité, appréciation du goût et appréciation globale ou en classement moyen de satisfaction (de 1 à 4) sous forme de moyennes brutes et écarts-types associés, entre parenthèses, des modalités des principaux facteurs fixes.**

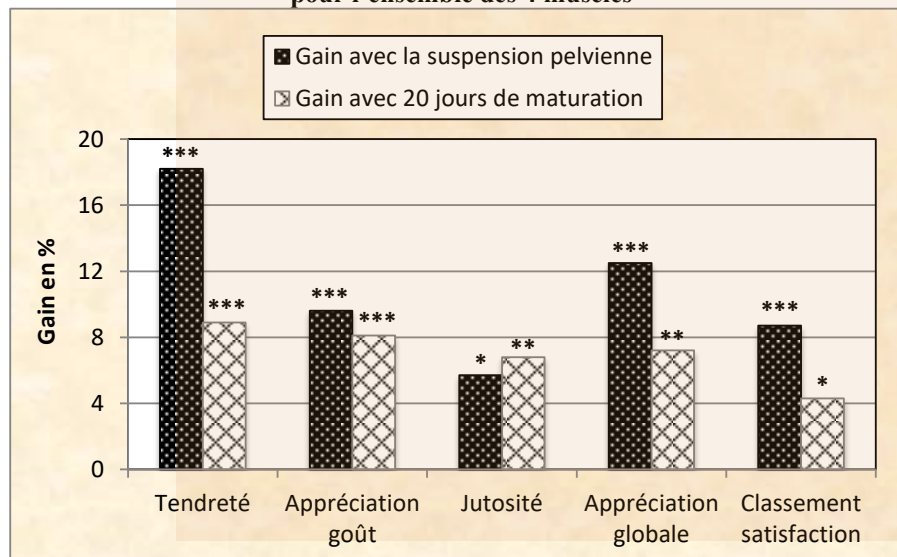
		Tendreté	Jutosité	Appréciation du goût	Appréciation globale	Classement de satisfaction
Paramètres de covariance	Séance de dégustation	NS	NS	NS	NS	NS
	N° de dégustateur intra-séance	***	***	***	***	***
	N° d'animal	*	*	*	*	*
Effets fixes	Mode de suspension	***	*	**	**	**
	TA (n = 960)	49,8 (25,7)	55,4 (23,5)	54,3 (23,8)	53,3 (23,8)	2,2 (0,9)
	SP (n = 720)	61,0 (25,6)	59,7 (23,4)	60,4 (23,7)	61,2 (23,6)	2,5 (1,0)
	Durée de maturation	***	**	***	***	**
	10 jours (n = 960)	51,5 (26,1)	55,2 (23,8)	54,6 (24,0)	54,3 (24,0)	2,2 (1,0)
	20 jours (n = 720)	58,7 (25,9)	60,0 (23,0)	60,0 (23,4)	59,8 (23,7)	2,4 (1,0)
	Muscle	***	***	***	***	***
	Faux-filet témoin (n = 240)	44,4 (24,6)	52,1 (24,1)	52,1 (23,3)	50,0 (23,1)	2,0 (0,8)
	Entrecôte (n = 360)	67,9 (22,4)	63,3 (22,6)	66,0 (21,5)	67,1 (21,5)	2,8 (0,9)
	Faux-filet (n = 360)	62,5 (25,1)	61,5 (22,4)	62,4 (22,7)	63,0 (22,5)	2,1 (1,0)
	Rumsteck (n = 360)	51,2 (24,8)	56,9 (23,5)	52,6 (23,7)	53,0 (23,2)	2,2 (0,9)
Tende de tranche (n = 360)	43,6 (25,1)	50,8 (23,0)	50,0 (24,1)	48,8 (23,9)	2,0 (1,0)	
Côté de la carcasse	NS	NS	NS	NS	NS	
Mode de suspension x durée de maturation	NS	NS	*	*	*	
TA x 10 jours (n = 600)	46,7 (25,7)	53,2 (24,0)	51,7(24,0)	50,7 (23,9)	2,1 (0,9)	
TA x 20 jours (n = 360)	54,9 (24,9)	59,0 (22,3)	58,8 (22,7)	57,6 (23,0)	2,4 (1,0)	
SP x 10 jours (n = 360)	59,4 (24,7)	58,4 (23,0)	59,6 (23,3)	60,4 (23,0)	2,5 (1,0)	
SP x 20 jours (n = 360)	62,6 (26,4)	61,0 (23,7)	61,3 (24,1)	62,0 (24,2)	2,5 (1,0)	

#### II.4. Des effets significatifs des traitements *post-mortem* (suspension pelvienne, allongement de la durée de maturation)

Tous muscles confondus, la suspension pelvienne et l'allongement de 10 jours de la durée de maturation ont tous deux des effets significatifs à très hautement significatifs sur chacun des 5 paramètres sensoriels évalués (Tableau 2, Figure 5). Ces effets sont bénéfiques et plus ou moins marqués selon

le paramètre considéré. Ils sont particulièrement nets pour la suspension pelvienne vis-à-vis de la tendreté et de l'appréciation globale des viandes. Mais les deux traitements améliorent aussi le goût et le classement de qualité, ainsi que la jutosité dans une moindre mesure.

**Figure 5 : Les gains comparés (en %) de la suspension pelvienne et de 20 jours de maturation pour l'ensemble des 4 muscles**



\*, \*\*, \*\*\* : gains significatifs aux seuils  $\alpha$  respectifs de 5%, 1% et 0,1%



La suspension pelvienne a été affectée au hasard entre les 2 côtés du même animal, mais l'effet côté de la carcasse n'est jamais ressorti significatif dans les traitements statistiques.

La suspension pelvienne est globalement aussi efficace ou plus efficace qu'une maturation de 20 jours, sauf pour la jutosité. Tous muscles confondus, elle est environ 2 fois plus efficace sur la tendreté (amélioration de 18% toutes durées de maturation confondues) que l'allongement de la maturation à 20 jours (amélioration de 9% tous modes de suspension confondus ; Tableau 3). Il en est de même pour l'appréciation

globale (gain de 13% pour la suspension contre 7% pour la maturation), et le classement de qualité (gains de 11% vs 7%), mais l'amélioration est moindre.

Les effets des deux traitements sont d'ampleurs similaires pour l'appréciation du goût (gain moyen de 10% pour la suspension pelvienne et de 8% pour la maturation de 20 jours). Il en est de même pour la jutosité, mais l'amélioration est plus modeste (6% pour la suspension pelvienne et 7% pour la maturation de 20 jours).

**Tableau 3 : Les gains (%) des critères sensoriels liés à la suspension pelvienne (SP) comparativement à une suspension par le tendon d'Achille (TA) et ceux liés à 20 jours de maturation (20 j) comparativement à 10 jours de maturation (10 j)**

Ensemble des muscles	Tendreté	Jutosité	Appréciation du goût	Appréciation globale	Classement de satisfaction
Gain SP à 10 j (vs TA à 10 j)	23,0	8,1	16,0	18,0	19,0
Gain SP à 20 j (vs TA à 20 j)	14,0	3,4	4,3	7,6	4,2
<b>Gains moyen SP (vs TA)</b>	<b>18,2</b>	<b>5,7</b>	<b>9,7</b>	<b>12,5</b>	<b>11,1</b>
Gain 20 j avec TA (vs 10 j avec TA)	13,7	9,3	14,4	12,5	14,3
Gain 20 j avec SP (vs 10 j avec SP)	5,4	4,5	2,9	2,6	0,0
<b>Gain moyen 20 j (vs 10 j)</b>	<b>8,9</b>	<b>6,8</b>	<b>8,1</b>	<b>7,2</b>	<b>6,5</b>

## II.5. Deux traitements aux effets parfois interdépendants et partiellement additifs

Pour la tendreté et la jutosité, les deux effets étudiés, mode de suspension et durée de maturation, sont indépendants. Ce n'est pas le cas pour l'appréciation du goût, l'appréciation globale et le classement de satisfaction, du fait de l'existence d'une interaction entre les deux traitements. Ainsi, la suspension pelvienne a un effet supérieur sur des viandes maturées 10 jours pour ces 3 paramètres (Tableau 4). Après 20 jours de maturation, l'effet est moindre. Inversement, l'effet de 20 jours de maturation ressort supérieur pour une suspension classique des demi-carcasses qu'avec une suspension pelvienne. Dans ce dernier cas, le gain est très modeste, voire nul.

Tous muscles confondus, la modalité ressortant la mieux placée est généralement celle associant la suspension pelvienne et 20 jours de maturation : elle permet d'améliorer d'environ 30% la tendreté, de 21% l'appréciation globale, de 19% l'appréciation du goût et le classement de satisfaction, et de 13% la jutosité des viandes par rapport à une suspension classique alliée à 10 jours de maturation. La suspension

pelvienne couplée à 10 jours de maturation procure des gains inférieurs ou égaux : de 23% pour la tendreté, 18% pour l'appréciation globale, 16% pour celle du goût, 19% pour le classement de satisfaction et 8% pour la jutosité. En suspension classique, la plus-value apportée par un allongement de 10 à 20 jours de la durée de maturation est à peu près du même ordre, voire légèrement moindre : la tendreté est améliorée de 14%, l'appréciation globale de 13% et le classement de satisfaction de 14%. Les écarts sont moins nets pour l'appréciation du goût et encore moins pour la jutosité qui gagne autant avec chacun des deux traitements : suspension pelvienne suivie de 10 jours de maturation ou suspension classique suivie de 20 jours de maturation.

En définitive, la suspension pelvienne permet d'accroître de manière significative la qualité des viandes maturées 10 jours alors qu'en suspension classique, 20 jours minimum sont nécessaires pour obtenir un niveau qualitatif à peu près équivalent.

**Tableau 4 : Les gains (%) des critères sensoriels liés à la suspension pelvienne (SP) seule, à 20 jours de maturation (20 j) seuls ou au cumul des 2 techniques, comparativement à une suspension par le tendon d'Achille (TA) suivie de 10 jours de maturation (10 j)**

Ensemble des muscles	Tendreté	Jutosité	Appréciation du goût	Appréciation globale	Classement de satisfaction
Gain 20 j seuls (avec TA)	13,7	9,3	14,4	12,5	14,3
Gain SP seule (à 10 j)	23,0	8,1	16,0	18,0	19,0
Gain SP et 20 j	29,6	13,0	19,3	21,1	19,0

Considérant les contraintes liées à la réalisation de la maturation, on peut se demander si la suspension pelvienne associée à une durée de maturation classique de quelques jours, très inférieure à 20 jours, ne serait pas suffisante pour un gain qualitatif déjà substantiel. Des travaux antérieurs de l'Institut de l'Élevage (Tribot Laspière, 2001) ont déjà montré que la suspension pelvienne associée à 2 petits jours de

maturation permettait de gagner 25 points de tendreté (+ 63%) pour le faux-filet, contre seulement 9 points (+ 23%) pour une durée de maturation passant de 2 à 9 jours après suspension classique. Identifier le meilleur compromis entre les atouts des techniques étudiées et leurs inconvénients relève donc à l'évidence du choix de l'entreprise selon ses contraintes propres.

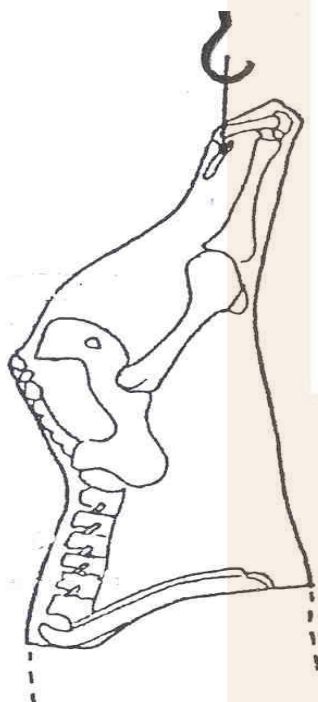
## II.6. Modalités pratiques et conséquences de l'utilisation de la suspension pelvienne

L'utilisation de la suspension pelvienne en routine impose certaines modifications dans l'abattoir, tout particulièrement pour l'étape du transfert des demi-carcasses : suspendues en bout de chaîne par le tendon d'Achille, celles-ci doivent être accrochées par un crochet placé au niveau du bassin. Ceci nécessite de disposer d'un emplacement après la pesée fiscale, pour installer un poste de ré-accrochage des carcasses comprenant une plate-forme, un treuil, des crochets spécifiques et la présence d'une personne. L'étude a montré

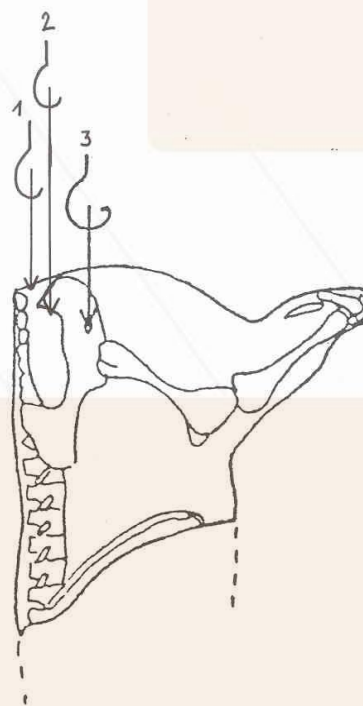
que la technique d'accrochage de la demi-carcasse devait être bien « rodée » pour limiter les risques de chute et protéger tant le personnel que les produits, surtout pour des animaux aussi lourds. Il convient d'éviter de faire porter le poids de la demi-carcasse par le seul ligament sacrosciatique (à la hauteur de l'aiguillette de rumsteck, au niveau de la coupe d'avec le gîte noix) qui risque de se déchirer. Le crochet doit être positionné afin que le poids soit supporté au moins partiellement par l'ischium, l'un des os du bassin (Figure 6).

**Figure 6 : Les quatre modalités d'accrochage des demi-carcasses pour le ressuage**

Suspension par le tendon d'Achille



Suspension Pelvienne



- 1 : par le ligament sacrosciatique (« nerf du rumsteck »)
- 2 : par l'obturateur foramen (trou ovulaire de l'ischium)
- 3 : par la « crête sciatique » de l'ischium

Appliquée durant les 48 premières heures post-mortem, la suspension pelvienne modifie durablement la forme du quartier arrière et de certains muscles, comme la bavette d'loyau (photographie 4) ou encore le long dorsal (faux-filet, entrecôte). Il semble que les effets soient acquis dès l'avènement de la rigor mortis et que l'allongement de la durée de la suspension pelvienne au-delà de 48 heures ne joue pas, mais ce point n'a pas été testé. Les précédents travaux de l'Institut de l'Élevage avaient déjà montré une déformation de la bavette d'loyau, qui se trouve affinée suite aux forces

d'étirement subies. Afin de limiter ce risque, il peut être pratiqué un coup de couteau dans le gras situé au-dessus de la bavette de flanchet au démarrage de la suspension pelvienne. Dans le présent essai, la réduction de la surface de la noix du long dorsal a été précisément quantifiée grâce aux mesures réalisées par le classificateur agréé MSA : elle a atteint en moyenne 12% (0 à 30% selon les carcasses) à la 5ème côte et 11% (4 à 22%) à la 10ème côte, comparativement à un classique accrochage par le tendon d'Achille.

**Photographie 4 : L'étirement de la bavette d'ailoyau (à droite) provoquée par la suspension pelvienne, en comparaison d'une suspension par le tendon d'Achille (à gauche)**



© Idele

## CONCLUSION

Le présent travail a permis à une entreprise désireuse d'améliorer et de mieux maîtriser la qualité d'une partie de sa production de se rendre compte, dans son propre contexte, des avantages de la technique et de ses contraintes d'application. L'efficacité de la suspension pelvienne a été démontrée, dans l'absolu, mais aussi comparativement à la maturation, pratique bien connue du milieu professionnel mais non sans inconvénient. L'obtention d'écarts qualitatifs perçus par des consommateurs non entraînés à l'évaluation des viandes a renforcé ce sentiment positif. Associée à une durée de maturation jugée optimale, la suspension pelvienne lors du ressuage a donc été introduite dans le cahier des charges de la marque qualitative privée "Or Rouge" lancée par l'entreprise

début 2017 (Jahnich, 2016 ; Sportiello, 2016 ; D'Alteroche 2017).

L'entreprise C.V. Plainemaison est intéressée à plus long terme par le développement d'un outil de prédiction de la qualité en bouche des viandes bovines, afin de pouvoir garantir au mieux le niveau qualitatif de ses produits. A l'instar des autres partenaires impliqués (dont certains français), elle a donc souhaité soutenir le projet européen d'élaboration d'un modèle de prédiction de ce type, s'inspirant du modèle australien existant "MSA". L'utilisation des protocoles dédiés, pour le classement des carcasses et le test sensoriel des viandes, a permis sa contribution à la base de données européenne socle du projet.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le personnel de l'abattoir de Limoges et celui de l'entreprise C.V. Plainemaison (notamment Christian Tiliat et Pierre Beaubois consultant), Grzegorzelski Pogorzelski de la Polish Beef Association de Varsovie, ainsi que les collègues du laboratoire d'analyse (L. Allais, C. Flattard, V. Hardit, H. Loh, C. Malayrat) et du service Biométrie (E. Doutart, S. Masselin-Silvin) de l'Institut de l'Élevage, pour leur participation au bon déroulement de l'étude.

## Références bibliographiques :

- Ahnström M.L., Hunt M.C., Lundström K. (2012). Effects of pelvic suspension of beef carcasses on quality and physical traits of five muscles from four gender-age groups. *Meat Science*, 90(3), 528-535.
- Anonyme (2017a). Ossification and beef eating quality. *Tips & Tools Meat Standards Australia, MSA06, Meat & Livestock Australia, Australie*. [https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/tt6\\_ossification-and-beef-eating-quality\\_low-res.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/tt6_ossification-and-beef-eating-quality_low-res.pdf)
- Anonyme (2017b). The effect of marbling on beef eating quality. *Tips & Tools Meat Standards Australia, MSA07, Meat & Livestock Australia, Australie*. [https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/tt7\\_the-effect-of-marbling-on-beef-eating-quality\\_low-res.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/marketing-beef-and-lamb/documents/meat-standards-australia/tt7_the-effect-of-marbling-on-beef-eating-quality_low-res.pdf)
- Anonyme (2015). The effect of hanging method on sheepmeat eating quality. *Tips & tools Meat Standards Australia, MSAS6, Meat & Livestock Australia, Australie*. [https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/blocks/marketing-beef-and-lamb/msa\\_s6\\_web.pdf](https://www.mla.com.au/globalassets/mla-corporate/blocks/marketing-beef-and-lamb/msa_s6_web.pdf)

- Arrango T.C., Smith G.C., Carpenter Z.L., Cross H.R. (1970). Physical methods for tenderizing bovine carcasses. *Journal of Animal Science*, 31, 180.
- Bastien D. (2002). La suspension pelvienne des carcasses de gros bovins : Quantification du gain de tendreté procuré par cette technique et contraintes pratiques de mise en œuvre. *Compte rendu n°2023208*, Institut de l'Élevage, Interbev, Ofival.
- Bastien, D., Denoyelle C., Tribot Laspière P. (2002). Age à l'abattage, « suspension pelvienne, pratique de « l'affranchi » : pour une meilleure argumentation des choix techniques en matière de gestion de la tendreté dans les démarches qualité. *Rencontres Recherches Ruminants*, 9, 251-254.
- Bastien, D., Tribot Laspière P. (2003). Comparative effects of pelvic suspension and ageing on bovine meat quality. *Proceedings of the 49<sup>th</sup> ICoMST (International Congress of Meat Science and Technology)*, 31<sup>st</sup> August- 05<sup>th</sup> September, São Paulo, Brazil, pages 151-152.
- Bastien, D., Tribot Laspière P., Chatelin Y.M. (2006). Prerigor skeletal alteration to improve beef tenderness. *Proceedings of the 52<sup>nd</sup> ICoMST (International Congress of Meat Science and Technology)*, 13-18<sup>th</sup> August, Dublin, Ireland, 257-258.
- Bauchart D., Thomas A., Durand D., Parafita E. (2010). Maturation sous vide et lipides des viandes bovines. *Viandes & Produits Carnés*, 28(4), 111-115.
- Bonny S.P.F., Hocquette J.F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J. and Gardner G.E. (2017). Untrained consumer assessment of the eating quality of beef: 1. A single composite score can predict beef quality grades. *Animal* 11, 1389–1398.
- Bonny S.P.F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J., Hocquette J.-F., Gardner G.E. (2016a). European conformation and fat scores have no relationship with eating quality. *Animal*, 10(6), 996–1006.
- Bonny S.P.F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J., Hocquette J.-F., Gardner G.E. (2016b). Ossification score is a better indicator of maturity related changes in eating quality than animal age. *Animal*, 10(4), 718-728.
- Bonny S.P.F., Hocquette J.-F., Pethick D.W., Legrand I., Wierzbicki J., Allen P., Farmer L.J., Polkinghorne R.J., Gardner G.E. (2018). Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. *Animal*, 12(11), 2434-2442.
- Bouton P. E., Harris P. V. (1972). The effects of some post-slaughter treatments on the mechanical properties of bovine and ovine muscle. *Journal of Food science*, 37, 539-543.
- Cassignol V. (2018). Facteurs déterminant la qualité sensorielle de la viande bovine : quelle importance de la race ? *Viandes et Produits Carnés VPC-2018-34-1-5*
- Culioli, J. (1999). La qualité de la viande bovine : aspects biologiques et technologiques de la gestion de la tendreté. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France* 72, 25-46.
- D'Alteroche F. (2017). CV Plainemaison opte pour la suspension pelvienne. *Réussir Bovins Viande*, 244 (janv.), 30-31.
- Devine D.J., Gault N.F.S., Moss B.W., Tolland E., Tollerton J., Farmer L.J., Gordon A.W. (2017). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, 8(s1):s2-s5.
- Eikelenboom G., Barnier V.M.H., Hoving-Bolink A.H., Smulders F.J.M., Culioli J. (1998). Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated aged beef, assessed with shear and compression tests. *Meat Science*, 49, 89-99.
- Hopkins D.L. (2004). Tenderizing mechanisms: Mechanical. In W. K. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman (Eds), *Encyclopedia of Meat Sciences*, V-3., 1355-1363, Oxford: Elsevier.
- Hocquette J.F., Legrand I., Jurie C., Pethick D.W., Micol D. (2011). Perception in France of the Australian system for the prediction of beef quality (Meat Standards Australia) with perspectives for the European beef sector. *Animal Production Science*, 51, 30-36.
- Hocquette J.F., Legrand I., Polkinghorne R.J., Wierzbicki J. (2017). How to predict beef eating quality in Europe through the adaptation of the Australian System MSA? *Proceedings of the 63<sup>rd</sup> ICoMST (International Congress of Meat Science and Technology)*, 13-18/08/2017, Cork, Ireland, article et poster associé, pages 783-783.
- Hostetler R.L., Carpenter Z.L., Smith G.C., Dutson T.B. (1975). Comparison of postmortem treatments for improving tenderness of beef. *Journal of Food Science*, 40, 223-226.
- Hostetler R.L., Landmann W.A., Link B.A., Fitzhugh JR.H.A. (1970). Influence of carcass position during rigor mortis on tenderness of beef muscles: comparison of two treatments. *Journal of Animal Science*, 31, 47-50.
- Hostetler R.L., Link B.A., Landmann W.A., Fitzhugh JR.H.A. (1972). Effect of carcass suspension on sarcomere length and shear force of some major bovine muscle. *Journal of Food Science*, 37, 132-135.
- Hostetler R.L., Link B.A., Landmann W.A., Fitzhugh JR.H.A. (1973). Effect of carcass suspension method on sensory panel scores for some major bovine muscles. *Journal of Food Science*, 38, 264-267.
- Hutchison C.L., Mulley R.C, Wiklund E, Flesch J.S, Sims K (2014). Effect of pelvic suspension on the instrumental meat quality characteristics of red deer (*Cervus elaphus*) and fallow deer (*Dama dama*) venison. *Meat Science*, 98(2), 104-109.
- Jahnich C. (2016). Viande Limousine. Or rouge, une tendreté testée et approuvée. *Les Marchés Hebdo*, 341 (décembre), 21.
- Joseph R.L., Connolly J. (1977). The effects of suspension method, chilling rates and post mortem ageing period on beef quality. *Journal of Food Technology*, 12, 231-247.
- Justine N. (1999). La qualité de la viande bovine, c'est d'abord sa tendreté. *Bétail et Viande*, 36, 21-30.
- Jurie C., Moëvi I., Micol D., Hocquette J.F. (2008). Expertise scientifique du système australien de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine (système MSA). *Actes des 12<sup>èmes</sup> JSMTV (Journées des Sciences du Muscle et Technologies des Viandes)*, 8-9/10/2008, Tours, pages 155-156.
- Legrand I., Hocquette J.F., Polkinghorne R.J., Pethick D.W. (2013). Prediction of beef eating quality in France using the Meat Standards Australia system. *Animal*, 7(03), 524-529.

Legrand I., Hocquette J.F., Polkinghorne R.J., Turin F., Pethick D.W. (2011). Prédire la qualité sensorielle de la viande bovine à l'aide du système australien MSA (Meat Standards Australia). *Rencontres Recherches Ruminants*, 7/12/2011, Paris, 18, pages 173-176.

Legrand I., Hocquette J.F., Polkinghorne R.J., Wierzbicki I. (2017). Comment prédire la qualité de la viande bovine en Europe en s'inspirant du système australien MSA ? *Innovations Agronomiques*, 55(2017), 171-182.

Legrand I. (2016). Effets de la suspension pelvienne et de la maturation sur la tendreté de la viande bovine. Etude réalisée en 2016 pour l'entreprise C.V. Plainemaison. *Compte rendu confidentiel N°00116401010*, Institut de l'Élevage, C.V. Plainemaison.

Marzin V. (2014). Guide de la gestion de la maturation de la viande bovine. *Compte rendu n°0014401012*, Institut de l'Élevage, Interbev.

Marzin V., Tribot Laspière P., Turin F., Denoyelle C. (2011). Meat tenderness: aging management of nine beef muscles. *Proceedings of the 57<sup>th</sup> ICoMST (International Congress of Meat Science and Technology)*, 07-12<sup>th</sup> August, Ghent, Belgium, Session3, 014, 00662.

Moëvi I., Hocquette J.F., Jurie C., Micol D., (2008). Le système australien de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine MSA : présentation, expertises scientifique et professionnelle. *Rencontres Recherches Ruminants*, 15, 97-98.

Normand J., Rubat E., Evrat-Georgel C., Turin F., Denoyelle C. (2014). Les Français sont-ils satisfaits de la tendreté de la viande bovine ? *Viandes et Produits Carnés, VPC-2014-30-5*. [http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc\\_vol\\_30/3052\\_normand\\_enquete\\_nationale\\_tendrete.pdf](http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3052_normand_enquete_nationale_tendrete.pdf).

Sportiello J.P. (2016). Une marque en or pour la limousine. *Le Populaire du Centre*, 25 oct., 8.

Tribot Laspière P. (2001). Effet de la suspension pelvienne sur la tendreté de la viande bovine. *Compte rendu n°2013208*, Institut de l'Élevage, Interbev, Ofival.

Tribot Laspière P. (2015). La suspension pelvienne dans la filière bovine française. Note rédigée par le Service Qualité des viandes de l'Institut de l'Élevage pour Interbev, 11 p.

Watson R., Gee A., Polkinghorne R., Porter M. (2008). Consumer assessment of eating quality – development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1360-1367.