

# Tendreté mécanique du muscle *longissimus dorsi* de lapin : étude méthodologique

S. COMBES<sup>1</sup>, C. LARZUL<sup>2</sup>, F. GONDRET<sup>3</sup>, L. CAUQUIL<sup>1</sup>, B. DARCHE<sup>1</sup>, F. LEBAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherches Cunicoles, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

<sup>2</sup> INRA, Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP 27, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

<sup>3</sup> INRA, Unité Mixte de Recherche Veau Porc, 35590 Saint Gilles, France

**Résumé** – Cette étude a été entreprise afin de valider une méthode de cisaillement du muscle *longissimus dorsi* (LD) entier de lapin. Quatre vingt lapins appartenant à deux lignées (haute et basse) sélectionnées de manière divergente sur le poids à 63 jours ont été utilisés. Une première partie concerne la comparaison des résultats de cisaillement entre LD entiers frais et congelés. Une deuxième série de résultats permet la comparaison entre cisaillement de LD entiers et LD en échantillons de taille standardisée. La congélation entraîne une diminution de la valeur absolue de tous les paramètres mécaniques mesurés et augmente la variabilité de la mesure sans toutefois générer d'interaction avec l'effet lignée. La comparaison de la méthode de cisaillement sur échantillon de LD de taille standardisée et celle sur LD entiers montre que les critères de cisaillement de LD entiers sont fortement influencés par la taille de l'échantillon. Ainsi, l'utilisation de la technique de cisaillement de LD entiers suppose une mesure précise de l'aire de section des échantillons.

**Abstract - Assessment of two shear test methods for *longissimus dorsi* muscle in rabbit.** The aim of this study was to compare shear test methods on size-standardized *longissimus dorsi* (LD) cores or on intact LD. Shear tests on intact LD were also performed on fresh and frozen meat. Eighty rabbits from two lines divergently selected for 63-day bodyweight were used. Freezing intact LD significantly reduced shear parameter values and increased the variability of the measure compared to fresh, intact LD. Comparison between shear tests performed on intact and size-standardized LD samples showed that the size of the intact LD dramatically influenced the results. Therefore, cross-sectional area must be precisely measured when the shear test technique is used on intact LD muscle.

## Introduction

Les travaux portant sur la qualité de la viande de lapin utilisent de plus en plus des mesures de tendreté mécanique de type Warner-Bratzler (WB) (Xiccato *et al.*, 1994; Cyril *et al.*, 1996; Delmas *et al.*, 1999; Combes *et al.*, 2000). Pour des raisons de quantité de matériel nécessaire à l'analyse et de représentativité du muscle au sein de la carcasse de lapin, ces mesures sont réalisées sur le muscle *longissimus dorsi* (LD). Dans les autres espèces de type bovin, ovin ou porcin où la quantité de muscle disponible n'est pas un facteur limitant, les tests de WB sont effectués sur un grand nombre d'échantillons standardisés en parallélépipèdes rectangles de 1 cm<sup>2</sup> de section et de 2,5 cm de longueur (Honikel, 1998) au sein de chaque muscle. Pour des raisons pratiques (quantité de muscle disponible) et de rapidité de mise en œuvre, nous avons cherché à mettre au point une technique de cisaillement de muscle LD entier. Cet article a pour but de comparer deux méthodes de cisaillement du LD (muscle entier vs échantillons standardisés), en étudiant en parallèle l'effet de la congélation. Les muscles LD proviennent de lapins issus de 2 lignées sélectionnées de manière divergente sur le poids à 63 jours.

### ◆ 1. Matériel et méthodes ◆

#### 1.1. Les animaux

Les animaux utilisés (n= 2 x 40) proviennent de 2 lignées

divergentes de lapins (lignée haute et lignée basse) créées par l'INRA (Larzul *et al.*, 2000) à partir d'une souche lourde commerciale (Grimaud Frères, France) sur la base du poids des individus à 63 jours d'âge. Les performances de croissance et d'abattage ont été décrites préalablement (Larzul *et al.*, 2000). Les poids vifs moyens à l'abattage étaient de 2725 g et 2403 g pour les lapins de la lignée haute et basse respectivement.

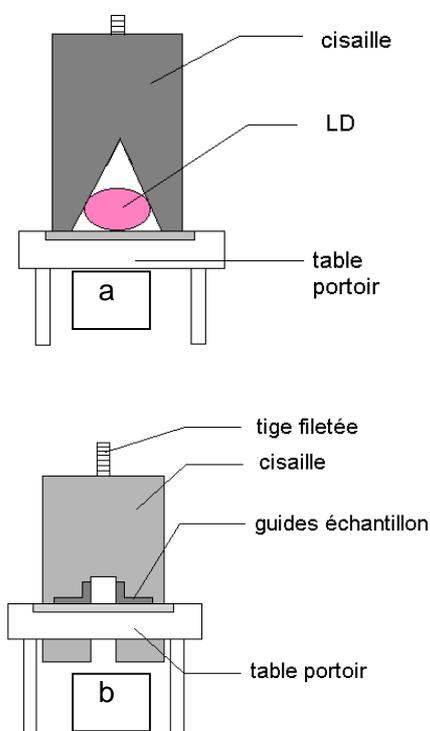
#### 1.2. Préparation et cisaillement des échantillons

L'expérimentation a été organisée en 2 séries de 40 lapins. La série 1 concerne la comparaison des méthodes de cisaillement de LD entiers frais (Fe\_1) vs LD entiers congelés (Ce\_1). La série 2 concerne la comparaison des méthodes de cisaillement sur LD congelés entiers (Ce\_2) vs LD congelés standardisés (Cs\_2). Les muscles LD sont séparés des râbles 24 h post-mortem. Ils sont alors soit stockés à 4°C pendant 24 h, soit immédiatement congelés en sachet sous vide. Les échantillons frais (Fe\_1) sont cisailés 48 heures post mortem. Les échantillons congelés (Ce\_1, Ce\_2 et Cs\_2) sont conservés pendant 2 mois à -20°C puis décongelés sous l'eau courante pendant 45 minutes avant le test de cisaillement.

Les cisaillements des muscles LD entiers ont lieu comme suit : les LD sont sectionnés perpendiculairement à l'axe de la colonne vertébrale en deux parties équivalentes. Chaque LD fait donc l'objet de deux mesures de

cisaillement. Pour la série 1, l'aire de la section totale du muscle est assimilée à une ellipse et a été estimée par calcul à partir des diamètres maximum et minimum mesurés à l'aide d'un pied à coulisse. Pour la série 2, l'aire a été mesurée par analyse de l'image de l'empreinte de la section du muscle appliquée sur un papier transparent. Dans la série 1, les muscles entiers ont été retaillés dans leur largeur à 2,8 cm et 2,6 cm pour Fe\_1 et Ce\_1 afin de limiter l'effet possible de la différence d'aire de section totale des muscles induite par la sélection. Au contraire dans la série 2, le choix a été fait de cisailier les échantillons intacts (Ce\_2). Le positionnement avant cisaillement des demi-LD munis de leur aponévrose est standardisé, de manière à ce que la partie superficielle du muscle (aponévrose) soit cisailée en dernier (figure 1a).

**Figure 1** : schéma des dispositifs de cisaillement (a) LD entiers et (b) LD standardisés.

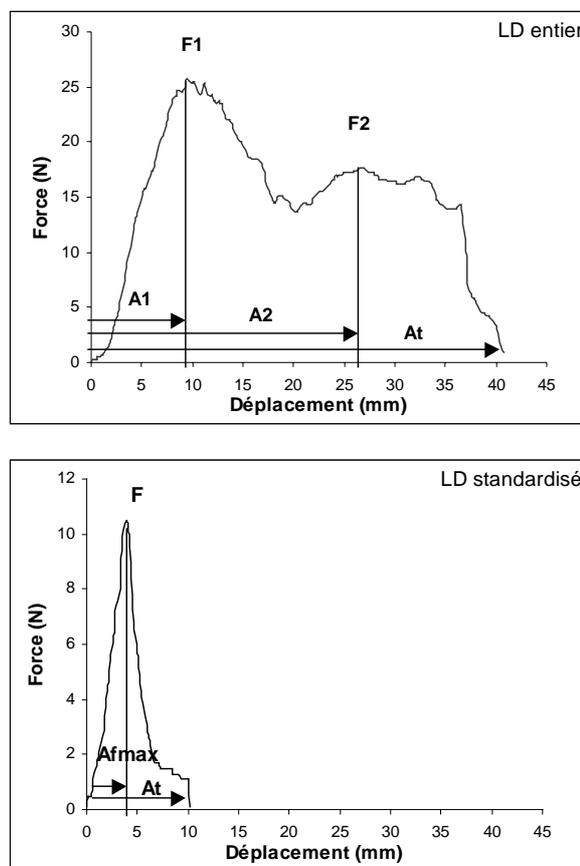


La cisaille utilisée pour les LD entiers présente une encoche triangulaire (angle de 60 °) et son épaisseur est de 3 mm. La résistance des LD à la progression de la cisaille à la vitesse constante de 100 mm/min est enregistrée par un capteur de force. La courbe type (figure 2) présente deux pics. Le premier correspond à la résistance au cisaillement du muscle (myofibre + endomysium) tandis que le second correspond à la résistance au cisaillement de l'aponévrose. Les critères retenus dans cette étude correspondent à la force maximum enregistrée au premier (F1) et au deuxième pic (F2), exprimée en Newton (N). La contrainte (C1) est calculée par le rapport entre la force maximum et l'aire de section totale des LD (N/cm<sup>2</sup>). Ce calcul n'a été effectué que pour la série 2. En effet les mesures de

diamètres réalisées à l'aide du pied à coulisse des LD entiers de la série 1 n'ont pas été jugées suffisamment fiables. Le travail nécessaire au cisaillement correspond à l'aire sous la courbe et s'exprime en mJ. A1 et A2 correspondent au travail nécessaire pour atteindre F1 et F2 respectivement. At correspond au travail total.

La standardisation des échantillons Cs\_2 consiste à réaliser des parallépipèdes rectangles de 1 cm<sup>2</sup> de section et de 2 à 2,5cm de long, parallèlement aux fibres. Pour chaque LD une moyenne de 6 à 7 parallépipèdes peut ainsi être obtenue. Les échantillons sont ensuite cisailés perpendiculairement à l'orientation des fibres musculaires (figure 1b).

**Figure 2** : Courbe type de cisaillement obtenue sur LD entiers et standardisés.



La cisaille utilisée présente une encoche rectangulaire de 1 cm de côté et de 3 mm d'épaisseur, et comme précédemment se déplace à la même vitesse constante de 100 mm/min. Les paramètres retenus sont: la force maximum (N/cm<sup>2</sup>), le travail à la force maximum et le travail total (mJ).

Dans la série 1, l'effet du mode de conservation des muscles (congélation vs frais), l'appartenance à une lignée (haute vs basse) et leur interaction ont été testés par analyse de variance sur le coefficient de variation de la mesure. Dans la série 2, l'incidence du type de cisaillement, l'appartenance à une lignée et leur interaction ont été testées par analyse de variance sur le coefficient de variation (2 mesures sur LD entier vs 6 à 7 sur échantillons standardisés) du critère homologue entre

les 2 méthodes (Contrainte C1 et Fmax). Les effets individuelle sont reportés dans le tableau 1 (notation x et y). Enfin les moyennes par individu des différents tests de cisaillement sont comparées par analyse de

significatifs de ces deux analyses de la variabilité variance, avec l'appartenance à une lignée comme effet principal (SAS, 1987).

**Tableau 1 :** Caractéristiques mécaniques des LD entiers frais (Fe\_1) vs congelés (Ce\_1) et des LD congelés entiers (Ce\_2) vs congelés standardisés (Cs\_2). Coefficient de variation intra- individu et moyenne  $\pm$  écart-type de la moyenne

| Séries de mesures | Echantillons     | Critères                           | Coefficient de variation intra-individu | Lignée basse    | Lignée haute    | Signification statistique * |
|-------------------|------------------|------------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| Série 1           | Fe_1<br>(n = 40) | Aire de section (cm <sup>2</sup> ) | -                                       | 3,55 $\pm$ 0.11 | 3,56 $\pm$ 0.11 | NS                          |
|                   |                  | F1 (N)                             | 7,4 % <sup>x</sup>                      | 26,3 $\pm$ 0.7  | 29,1 $\pm$ 0.9  | 0,02                        |
|                   |                  | F2 (N)                             | 18,3%                                   | 22,3 $\pm$ 0,8  | 24,1 $\pm$ 1,1  | NS                          |
|                   |                  | A1 (mJ)                            | 18,5%                                   | 156 $\pm$ 8     | 166 $\pm$ 9     | NS                          |
|                   |                  | A2 (mJ)                            | 12,0%                                   | 381 $\pm$ 11    | 440 $\pm$ 16    | 0,004                       |
|                   |                  | At (mJ)                            | 15,3%                                   | 632 $\pm$ 19    | 676 $\pm$ 31    | NS                          |
|                   | Ce_1<br>(n = 40) | Aire de section (cm <sup>2</sup> ) | -                                       | 3,23 $\pm$ 0,06 | 3,17 $\pm$ 0,53 | NS                          |
|                   |                  | F1 (N)                             | 13,0% <sup>x</sup>                      | 23,7 $\pm$ 0,6  | 26,0 $\pm$ 1    | 0,06                        |
|                   |                  | F2 (N)                             | 18,9%                                   | 18,4 $\pm$ 0,7  | 20,4 $\pm$ 0,8  | 0,07                        |
|                   |                  | A1 (mJ)                            | 21,8%                                   | 128 $\pm$ 4     | 137 $\pm$ 11    | NS                          |
|                   |                  | A2 (mJ)                            | 14,2%                                   | 343 $\pm$ 14    | 407 $\pm$ 18    | 0,01                        |
|                   |                  | At (mJ)                            | 19,4%                                   | 527 $\pm$ 23    | 615 $\pm$ 23    | 0,01                        |
| Série 2           | Ce_2<br>(n = 40) | Aire de section (cm <sup>2</sup> ) | 7,2%                                    | 5,85 $\pm$ 0,14 | 6,44 $\pm$ 0,17 | 0,02                        |
|                   |                  | F1 (N)                             | 13,2 %                                  | 23,7 $\pm$ 0,8  | 26,6 $\pm$ 1,1  | 0,04                        |
|                   |                  | C1 (N/cm <sup>2</sup> )            | 12,4 % <sup>y</sup>                     | 2,08 $\pm$ 0,08 | 2,03 $\pm$ 0,06 | NS                          |
|                   |                  | F2 (N)                             | 19,8 %                                  | 21,9 $\pm$ 1,5  | 21,6 $\pm$ 0,9  | NS                          |
|                   |                  | A1 (mJ)                            | 28,7 %                                  | 155 $\pm$ 8     | 181 $\pm$ 15    | NS                          |
|                   |                  | A2 (mJ)                            | 16,4 %                                  | 314 $\pm$ 11    | 380 $\pm$ 20    | 0,01                        |
|                   | At (mJ)          | 17,3 %                             | 452 $\pm$ 16                            | 508 $\pm$ 22    | 0,06            |                             |
|                   | Cs_2<br>(n = 40) | F (N/cm <sup>2</sup> )             | 18,3 % <sup>y</sup>                     | 10,7 $\pm$ 0,4  | 10,9 $\pm$ 0,3  | NS                          |
|                   |                  | Afmax (mJ)                         | 28,2 %                                  | 36,0 $\pm$ 1,7  | 37,3 $\pm$ 1,5  | NS                          |
| At (mJ)           |                  | 22,4 %                             | 63 $\pm$ 2                              | 66 $\pm$ 2      | NS              |                             |

\* : signification statistique de l'effet lignée sur les moyennes

<sup>x</sup> : ces 2 coefficients de variation intra- individu de F1 sont significativement différentes (P<0,001)

<sup>y</sup> : ces 2 coefficients de variation intra- individu de la contrainte C1 et F sont significativement différentes (P<0,007)

## ◆ 2. Résultats ◆

Le coefficient de variation intra-individu des paramètres de cisaillement, ainsi que les résultats obtenus par lignée sont présentés au tableau 1.

### 2.1 Série 1

La congélation entraîne une diminution significative (P<0,001) de la valeur absolue des paramètres de cisaillement des LD entiers. Le coefficient de variation intra- individu des paramètres est plus faible dans les muscles frais que dans les muscles congelés. Cependant cette différence de coefficient de variation entre mesures réalisées sur muscle frais ou congelé n'est significative

que pour le paramètre de force maximum F1 (P<0,001). Par ailleurs, on ne note aucune interaction entre la méthode de cisaillement et l'appartenance à une lignée.

Concernant la comparaison entre les deux lignées, la force maximale de cisaillement F1 est plus élevée dans les muscles congelés ou frais des lapins de la lignée haute que dans ceux de la lignée basse. La force nécessaire au cisaillement de l'aponévrose (F2) des échantillons congelés tend à être plus élevée chez les lapins de la lignée haute que chez ceux de la lignée basse, mais est similaire dans les deux lignées lorsque les tests sont effectués sur échantillons frais. Enfin concernant les variables de travail nécessaire au cisaillement, A1 n'est pas différent entre lignées quel que soit l'état du muscle

(congelé ou frais). Par contre A2 est plus élevé chez les animaux de la lignée haute que chez ceux de la lignée basse sur tous les échantillons. Enfin, le travail total (At) nécessaire au cisaillement des LD de la lignée haute est plus important que celui de la lignée basse, mais cette différence n'est statistiquement significative que sur les échantillons congelés.

## 2.2 Série 2

L'aire de section des LD entiers obtenue par analyse d'image est plus élevée dans la lignée haute que dans la lignée basse. Le coefficient de variation intra-individu de la mesure de la contrainte est significativement plus élevée pour la méthode utilisant des échantillons de taille standardisée que pour celle utilisant les LD entiers. Aucune interaction entre la méthode utilisée (entier vs standardisé) et l'appartenance à une lignée n'a été observée. Sur LD standardisés, quel que soit le paramètre considéré, aucune différence significative entre lignées haute et basse n'est mise en évidence. Par contre, pour les échantillons entiers, les valeurs F1, A2 et At sont plus élevées pour la lignée haute que pour la ligne basse.

### ◆ 3. Discussion ◆

Les cisaillements de la série 1 ont été conduits afin de mesurer l'impact de la congélation sur les résultats de cisaillement de LD entiers. La congélation entraîne une diminution significative des paramètres de cisaillement. Mais d'une manière générale, les variations observées entre lignées sur viande fraîche se retrouvent sur viande congelée avec cependant une plus grande variabilité individuelle.

La série 2 a été conduite afin de valider la technique de cisaillement de LD entier par rapport à la méthode classiquement utilisée de la standardisation des échantillons de muscle en parallépipède rectangle. Quel que soit le paramètre mécanique envisagé, la standardisation des échantillons ne permet plus de distinguer la lignée haute de la lignée basse, alors même que sur les échantillons de LD intacts la force maximum de cisaillement du muscle et le travail fourni sont plus élevés en lignée haute qu'en lignée basse. Pour comparer les 2 techniques il convient néanmoins d'exprimer les résultats par la contrainte (force nécessaire par unité de surface). Cependant il faut noter que les 2 variables de contrainte ne donnent pas exactement la même information.

En effet, le muscle étant un matériel anisotrope, la valeur de contrainte obtenue en cisillant les fibres

perpendiculairement (Cs<sub>2</sub>) est différente de celle obtenue sur Ce<sub>2</sub>. Cependant dans cette 2<sup>ème</sup> série, on note que la contrainte, qu'elle soit mesurée sur échantillon standardisé ou entier, ne diffère pas entre lignées. Ainsi, il semblerait que les valeurs, plus élevées dans la lignée haute que dans la lignée basse de la force de cisaillement F1 et du travail, résultent davantage de la différence de taille de l'échantillon entre lignées plutôt que d'une modification intrinsèque des caractéristiques mécaniques.

## Conclusion

Cette étude méthodologique est l'une des premières à préciser les conditions de préparation des échantillons et de mise en œuvre de la technique de cisaillement sur la viande de lapin. L'ensemble des résultats semble indiquer que la congélation n'occulte pas les différences de texture observées sur viande fraîche, mais qu'elle en diminue un peu la précision (plus forte variabilité). Cette étude montre également que le cisaillement sur LD entier n'a de sens que si la surface de l'échantillon peut être mesurée précisément. Ce paramètre est d'autant plus important que l'on s'adresse à des échantillons de taille *a priori* différente.

## Références

- COMBES S., AUVERGNE A., LEBAS F., 2000. Effect of cooking temperature on Warner - Bratzler tenderness measurement in rabbit meat. *7th World Rabbit Congress*, Valencia, Espagne, 4-7 Juillet 2000. *World Rabbit Sci*, **8**, *supp* 1, vol. A, 573-578.
- CYRIL C., CASTELLINI C., DAL BOSCO A., 1996. Comparison of three cooking methods of rabbit meat. *Italian J. Food Science*, **8**, 337-340.
- DELMAS D., DOUTRELOUX J.P., JEHL N., AUVERGNE A., LEBAS F., 1999. Incidence de la castration chez le lapin. II Caractéristiques physico-chimiques de la viande. *8èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, 9-10 Juin 1999, 93-96, ITAVI ed., Paris.
- HONIKEL K.O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, **49**, 447-457.
- LARZUL C., GONDRET F., COMBES S., GARREAU H., De ROCHAMBEAU H., 2000. Divergent selection on 63-day weight in rabbit : preliminary results. *7th World Rabbit Congress*, Valencia, Espagne, 4-7 Juillet 2000. *World Rabbit Sci*, **8**, *supp* 1, vol. A, 443-448.
- SAS 1987. Statistical Analysis System/STAT guide for personal computers. Cary, NC, SAS Institut Inc.
- XICCATO G., PARIGI-BINI R., DALLE-ZOTTE A., CARAZZOLO A., 1994. Effect of age, sex and transportation on the composition and sensory properties of rabbit meat. *40th International Congress of Meat Science and Technology*, The Hague, The Netherland, 52.