



# Quels paramètres faut-il suivre pour prédire le comportement technologique des différents muscles du jambon ?

BRUNO BOUTTEN

CTSCCV, 7 avenue du général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex

## RÉSUMÉ

L'étude des valeurs de conductivité, de la composante L\* de la couleur et du pH, montre que dans des conditions non contrôlées d'approvisionnement, le pH est le meilleur prédicteur de la qualité de la viande de la cuisse de porc pour la fabrication de jambon cuit supérieur.

Les différents muscles étudiés en transformation présentent une diversité de comportements technologiques. Le fessier moyen a un fort rendement technologique malgré un pH comparable aux autres muscles ; le jarret, quant à lui, a un fort rendement technologique principalement causé par un pH supérieur aux autres muscles.

Pour un même jambon, le rendement technologique et le pH des différents muscles sont en très étroite relation.

## INTRODUCTION

Lors de la fabrication du jambon cuit, le salaisonnier doit, à partir d'une matière première hétérogène, " les jambons ", réaliser un produit homogène par la couleur, la conformation et la texture sans négliger les contraintes technologiques apportées par le tranchage et le rendement.

Les jambons sont une matière première hétérogène si l'on considère les différences de conformation liées à la génétique, aux conditions d'élevage et aux conditions de pré- et de post-abattage. Ces différences, outre des variabilités dans la composition chimique (taux de matière grasse, taux de sucre) et la conformation (taille des muscles), peuvent s'exprimer par des différences de couleur et de pH (jambon PSE, DFD) (Monin *et al.*, 1998).

Par ailleurs, le jambon est une matière première hétérogène en elle-même, constituée d'une mosaïque de plus de 25 muscles qui, outre des

différences anatomiques, présentent des différences de types de fibres musculaires.

L'étude présentée ici est réalisée sur des jambons tout-venant en charcuterie-salaison. Elle consiste à suivre des prédicteurs possibles de la qualité du comportement technologique des différents muscles en transformation. Les prédicteurs de qualité étudiés sont :

- la conductivité électrique,
- la composante L\* de la couleur,
- le pHu.

La qualité technologique est appréhendée par un élément facilement mesurable, le **rendement technologique** :

$\frac{\text{poids de viande mis en œuvre au départ sans saumure}}{\text{poids du produit fini}} \times 100$

La **mesure de la conductivité** a déjà permis de prédire le pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc dans les travaux de Kauffman *et al.* (1996), mais Lepetit *et al.* (2002) ont montré

# Quels paramètres faut-il suivre pour prédire le comportement technologique des différents muscles du jambon ?

l'influence de l'âge de l'échantillon sur la valeur de la mesure chez le bœuf.

Le **pH**, largement développé comme critère de qualité pour la viande de porc (B. Jacquet *et al.*, 1984), apporte des solutions par son étroite relation avec les conditions d'abattage et son aspect prédictif, tant pour le rendement technologique que pour le rendement de tranchage et l'aspect couleur (Alviset *et al.*, 1995, ARIP Bretagne - ITP, 1996).

À pH bas, la liaison de l'eau par les protéines est plus faible (rapprochement du point isoélectrique, charge électrique des protéines plus faible). L'eau passe donc du compartiment intracellulaire au compartiment extracellulaire. Elle crée des surfaces plus réfléchissantes et augmente la réflexion de la lumière incidente et l'impression de pâleur.

Par son influence sur la répartition de l'eau, le pH est donc étroitement lié à la couleur. Cette liaison entre pH et couleur s'exprime principalement par la **composante L\* de la couleur** dans le repère CIE 1976 Lab. La valeur L\* représente la composante "clarté" de la couleur, allant du blanc au noir, et par là-même traduit l'humidité de surface.

L'étude se positionne dans des conditions extrêmes de validité d'un prédicteur, en faisant intervenir les variabilités inter-porc et intermusculaire. Derrière la **variabilité inter-porc**, se trouvent des variabilités :

- individuelles,
- d'élevage,
- de conditions de pré- et post-abattage.

Derrière la **variabilité intermusculaire**, se trouvent des variabilités :

- anatomiques,
- de composition des différents tissus,
- de compositions chimiques,
- de types des différentes fibres musculaires mises en jeu.

Par différences anatomiques, on peut entendre des différences de volume : un *biceps femoris* n'a pas le même comportement en transformation qu'un fessier moyen. Pour plus de précision sur

les pièces anatomiques, on peut se référer au livre de R. Barone (1989) (Boutten, 2002B).

Par différences de composition tissulaire, on entend par exemple qu'un semi-membraneux a un tissu conjonctif moins important qu'un *biceps femoris* (Minvielle *et al.*, 2002 ; Boutten, 2002A) qui lui-même en a un plus faible qu'un jarret pris dans sa totalité.

À ces différences, s'ajoutent celles liées aux fibres musculaires rapides ou lentes. On distingue deux types de muscles, les muscles de type blanc où prédominent les fibres rapides, à métabolisme glycolytique, et les muscles de type rouge où prédominent les fibres lentes, à métabolisme oxydatif. Un semi-membraneux, malgré son hétérogénéité, est plus proche d'un muscle de type blanc qu'un fessier profond. Le semi-membraneux a, en effet, un plus faible pourcentage de fibres lentes qu'un adducteur, qui lui-même en a un plus faible qu'un fessier profond. Ceci engendre des différences de comportement en transformation qui peuvent être en partie expliquées par le potentiel glycolytique de la viande, exprimé dans le pH (Larzul *et al.*, 1997).

Malgré les effets de la technologie, du saumuration, du malaxage, de la cuisson, l'hétérogénéité musculaire (anatomique, de fibres musculaires) engendre des différences :

- de couleur,
- de comportement en transformation,
- organoleptiques.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les différents muscles ou pièces anatomiques retenus sont :

- l'adducteur (A),
- le fessier moyen (FM),
- le jarret (J),
- le long vaste (LV),
- le nerveux (N),
- la noix pâtissière (NP),

- le semi-membraneux (SM),
- le semi-tendineux (ST).

Ces muscles ou pièces anatomiques sont transformés en microjambons, comme déjà décrit dans les travaux de Boutten *et al.* (2000).

### LOCALISATION DE LA MESURE

Les mesures de couleur, de conductivité, de pH sont réalisées dans la partie centrale interne ou externe du muscle ou de la pièce anatomique dans le cas du jarret, du long vaste, du nerveux, de la noix pâtissière, du semi-tendineux.

Pour le semi-membraneux, la mesure est réalisée dans la partie centrale de la face interne et dans la zone conventionnelle de mesure du pH.

Pour l'adducteur et le fessier moyen, les mesures sont réalisées sur la section du muscle obtenue dans le jambon coupe ronde.

### MESURES

Le pH est mesuré avec un pHmètre Sydel pH-plus (Lorient, France).

Les mesures de couleur sont faites à l'aide du spectrophotomètre Minolta CM2002 dans le repaire CIE Lab 1976. La configuration de cet appareil est :

- Géométrie à sphère intégratrice diffuse d/8°,
- Composant spéculaire inclus, la composante de la brillance est incluse,
- Illuminant D65,
- Observateur standard 10°,
- Temps d'acquisition de 3 secondes.

Les mesures de conductivité sont réalisées perpendiculairement au sens des fibres musculaires avec un conductimètre LF-Star CPU (Pöttmes, Ebenried, Allemagne) et exprimées en mS/cm.

### RÉSULTATS

Les **mesures de la composante L\* de la couleur (tableau I) et de la conductivité (tableau II)** montrent une différence significative entre les muscles ( $p < 0,01\%$ ) pour les prises de mesure, tant sur la

	Muscle	Moyenne ± écart type	Nombre	Significativité
L*, face externe	NP	51,64 ± 4,89	28	****
	FM	47,60 ± 4,07	28	
	N	47,33 ± 6,19	23	
	J	47,67 ± 7,88	18	
	SM	50,07 ± 2,99	28	
	A	36,38 ± 3,59	23	
	LV	52,85 ± 3,64	27	
	ST	59,07 ± 4,15	28	
L*, face interne	NP	37,58 ± 4,63	28	****
	FM			
	N	43,83 ± 4,91	28	
	J	37,95 ± 3,17	28	
	SM	52,23 ± 5,17	28	
	A			
	LV	48,93 ± 5,18	27	
	ST	42,32 ± 5,48	28	

**TABLEAU I.** Valeurs de la composante L\* de la couleur sur les faces externe et interne des muscles (\*\*\*\* :  $p < 0,01\%$ ).

## Quels paramètres faut-il suivre pour prédire le comportement technologique des différents muscles du jambon ?

face interne que sur la face externe. Les prises de mesures sont significativement différentes entre la face interne et la face externe ( $p < 0,01\%$ ).

Aucune corrélation n'est trouvée entre la mesure de la composante  $L^*$  de la couleur et le rendement technologique, en considérant les muscles séparément, contrairement à de nombreuses publications qui montrent l'aspect prédictif de la composante  $L^*$  dans la prévision du rendement technologique (Jacquet *et al.*, 1984 ; Franck *et al.*, 2000). Une situation analogue est observée pour la conductivité.

Cette absence de relation entre  $L^*$  et le rendement technologique peut s'expliquer :

- par la diversité des sites de mesures, face externe / face interne
- par les différences de muscles,
- par les différences d'historique de la viande, l'âge variant entre 1 et 7 jours,
- par la non-homogénéité du parage.

Toutefois, la grande majorité de ces contraintes sont rencontrées en sites industriels. Nos résultats sur la couleur ne doivent pas être éloignés

d'une situation où il n'y aurait pas couplage entre l'abattage et la transformation.

Les **mesures de pH (tableau III)** montrent une différence significative entre les muscles ( $p < 0,01\%$ ) pour les prises de mesure, tant sur la face interne que sur la face externe. Les prises de mesures sont significativement différentes entre la face interne et la face externe ( $p < 0,01\%$ ).

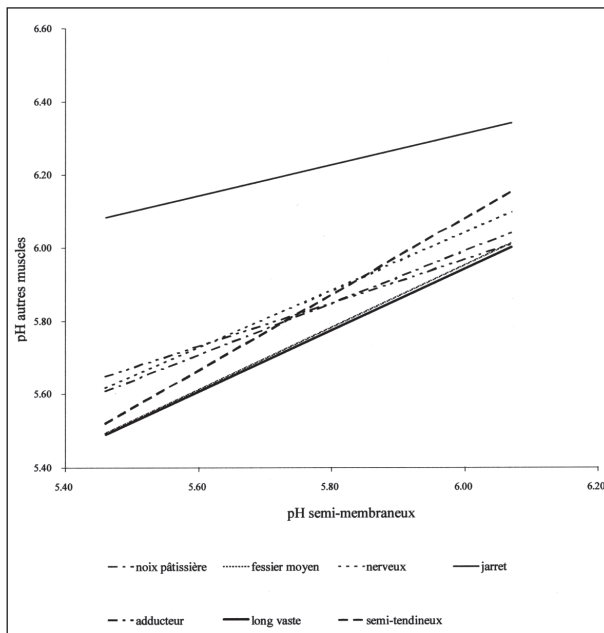
Le jarret se dégage fortement des autres muscles si l'on considère le pH. Ceci a déjà été rencontré pour les composantes de la couleur (Boutten, 2002B). C'est une conséquence de la composition en fibres rouges oxydatives de cette pièce anatomique.

Des corrélations significatives (**tableau IV, figure 1**) relient les pH des différents muscles et des différents sites et le pH de référence externe du semi-membraneux d'un même jambon. Ces corrélations sont meilleures si la mesure est réalisée sur la face externe du muscle.

Sur l'ensemble des muscles, seul le jarret (**figure 1**) ne présente pas de corrélation entre la valeur de son pH externe et celle du semi-membraneux.

	Muscle	Moyenne $\pm$ écart type	Nombre	Significativité
Conductivité, face externe	NP	11,38 $\pm$ 2,32	28	****
	FM	12,92 $\pm$ 1,10	28	
	N	12,58 $\pm$ 1,43	23	
	J	7,31 $\pm$ 1,94	18	
	SM	13,94 $\pm$ 1,16	28	
	A	12,89 $\pm$ 1,68	20	
	LV	12,98 $\pm$ 1,43	27	
	ST	12,07 $\pm$ 1,20	27	
Conductivité, face interne	NP	11,03 $\pm$ 0,87	28	****
	FM			
	N	9,90 $\pm$ 1,87	28	
	J	7,38 $\pm$ 2,11	28	
	SM	12,94 $\pm$ 1,24	28	
	A			
	LV	13,27 $\pm$ 1,03	27	
	ST	12,39 $\pm$ 0,75	27	

**TABLEAU II.** Valeurs de la conductivité sur les face externe et interne des muscles (\*\*\*\* :  $p < 0,01\%$ ).



**FIGURE 1.** Relation entre le pH de référence du semi-membraneux et le pH externe des autres muscles ou pièces anatomiques.

Ceci est à rapprocher de leurs compositions respectives : importance des fibres rouges oxydatives pour le jarret et des fibres blanches pour le semi-membraneux.

Une relation significative est trouvée pour l'ensemble des muscles entre le pH et le rendement technologique (**tableau IV, figure 2**). Cette relation est plus forte si le pH est évalué sur la face externe du muscle. Seul le pH interne de la noix pâtissière ne présente pas de relation avec le rendement technologique.

Pour des pH équivalents aux autres muscles, les fessiers moyens présentent un meilleur rendement technologique (**figure 2**).

Les rendements technologiques (**tableau V**) observés sur les différents muscles ou pièces anatomiques diffèrent significativement ( $p < 0,01 \%$ ). Le jarret, par son rendement dans notre situation de 90 %, est plus avantageux que les autres muscles. Ceci peut s'expliquer par le pH et l'influence du tissu conjonctif important de ce muscle, qui lors de la cuisson libère une quantité importante de collagène soluble (gélatine) permettant ainsi une rétention naturelle de l'eau.

Les coefficients de corrélation reliant le rendement technologique du semi-membraneux aux autres muscles d'un même jambon sont représentés

	Muscle	Moyenne $\pm$ écart type	Nombre	Significativité
pH, face externe	NP	5,73 $\pm$ 0,20	28	****
	FM	5,64 $\pm$ 0,17	28	
	N	5,71 $\pm$ 0,13	23	
	J	6,13 $\pm$ 0,12	18	
	SM	5,63 $\pm$ 0,16	27	
	A	5,73 $\pm$ 0,14	21	
	LV	5,63 $\pm$ 0,16	27	
	ST	5,70 $\pm$ 0,21	28	
pH, face interne	NP	6,20 $\pm$ 0,25	28	****
	FM			
	N	5,94 $\pm$ 0,21	28	
	J	6,11 $\pm$ 0,19	28	
	SM	5,62 $\pm$ 0,16	27	
	A			
	LV	5,71 $\pm$ 0,20	27	
	ST	5,98 $\pm$ 0,26	28	

**TABLEAU III.** Valeurs du pH sur la face externe ou interne des muscles (\*\*\*\* :  $p < 0,01 \%$ ).

# Quels paramètres faut-il suivre pour prédire le comportement technologique des différents muscles du jambon ?

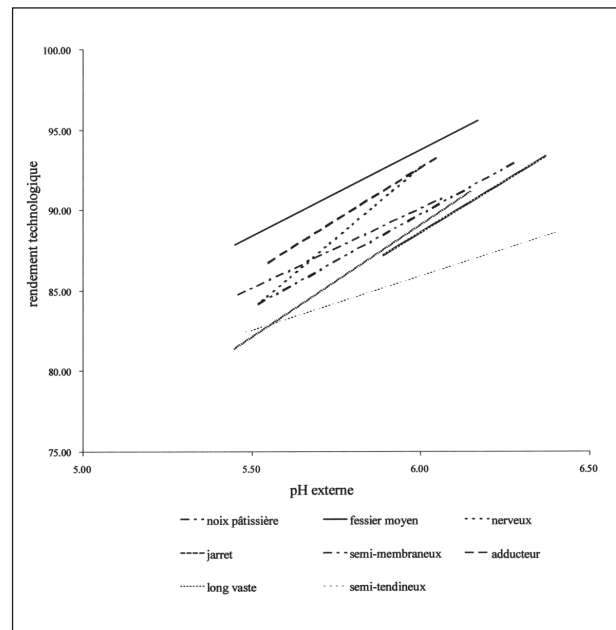
dans le **tableau VI**. Pour tous les muscles, cette relation est très étroite ( $p < 0,1\%$ ). Seul le jarret présente une relation plus lâche, ( $p < 1\%$ ). Ceci est à rapprocher de l'absence de relation entre le pH du semi-membraneux et le pH externe du jarret.

La **figure III** montre ces relations et traduit visuellement la différence de comportement du jarret.

## CONCLUSION

L'objet de cette étude était l'observation de trois indices de qualité de la viande de porc : la conductivité, la composante  $L^*$  de la couleur et le pH, et de leur valeur prédictive sur le comportement en transformation en pièce cuite saumurée.

Les conditions de réalisation de cette étude amplifient la variabilité par le travail individuel des muscles, faisant ressortir non seulement la variabilité intermusculaire, mais aussi la variabilité inter-porc. De plus, l'absence de réalisation de classes (par exemple, haut pH et bas pH)



**FIGURE 2.** Relation entre le pH externe des différents muscles ou pièces anatomiques et le rendement technologique.

rend les relations plus difficiles à obtenir avec le rendement technologique, la variabilité interindividuelle étant totalement prise en compte.

	Muscle	Coefficient de rendement = f(pH)	Significativité	pH=f(pH <sub>SMext</sub> )	Significativité
pH, face externe	NP	0,60	***	0,54	**
	FM	0,51	**	0,79	***
	N	0,72	***	0,66	***
	J	0,54	*	0,39	NS
	SM	0,57	***	1,00	
	A	0,70	***	0,46	*
	LV	0,74	***	0,81	***
	ST	0,44	**	0,75	***
pH, face interne	NP	0,36	NS	0,55	**
	N	0,38	*	0,70	***
	J	0,38	*	0,51	**
	SM	0,49	*	0,83	***
	LV	0,59	**	0,67	***
	ST	0,54	**	0,69	***

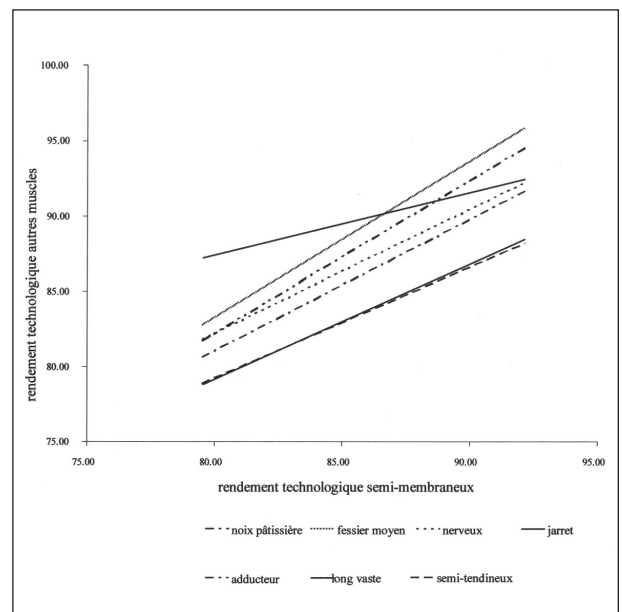
**TABLEAU IV.** Valeurs des coefficients de corrélation reliant :  
 - le pH d'un muscle et son rendement technologique,  
 - le pH d'un muscle et le pH référence du semi-membraneux.  
 (NS : non significatif ; \* :  $p < 5\%$  ; \*\* :  $p < 1\%$  ; \*\*\* :  $p < 0,1\%$ ).

Dans cette situation, les prédicteurs que sont la conductivité et la composante L\* de la couleur n'ont pas pu s'exprimer. On ne peut donc pas conclure quant à leur pertinence dans des situations plus contrôlées.

Le pH confirme sa pertinence et sa solidité. Le pH du semi-membraneux confirme sa pertinence pour prédire le pH et le rendement technologique des autres muscles ici testés.

Cette étude met en évidence le comportement technologique :

- du fessier moyen (ou rumsteak en nomenclature bouchère) qui, pour des pH équivalents, a un rendement technologique supérieur par rapport aux autres muscles avec une couleur perçue favorablement par le consommateur car rosée (Boutten, 2002B). Ce comportement est à rapprocher du type métabolique des fibres musculaires de ce muscle, principalement des fibres rapides riches en activité ATPasique



**FIGURE 3.** Relation entre le rendement technologique du semi-membraneux et le rendement technologique des autres muscles ou pièces anatomiques.

	Muscle	Moyenne ± écart type	Nombre	Significativité
Rendement technologique	NP	86,63 ± 4,03	26	****
	FM	89,79 ± 3,79	22	
	N	87,53 ± 3,25	20	
	J	90,05 ± 2,43	22	
	SM	86,03 ± 3,07	24	
	A	88,85 ± 2,71	18	
	LV	83,88 ± 3,13	25	
	ST	83,97 ± 3,33	20	

**TABLEAU V.** Valeurs du rendement technologique des muscles (\*\*\*\* :  $p < 0,01$  %).

	Muscle	Coefficient de corrélation	Significativité
Rendement technologique	NP	0,68	***
	FM	0,83	***
	N	0,82	***
	J	0,54	**
	SM	1,00	
	A	0,85	***
	LV	0,74	***
	ST	0,70	***

**TABLEAU VI.** Valeurs des coefficients de corrélation reliant le rendement technologique du semi-membraneux au rendement technologique des autres muscles (NS : non significatif ; \* :  $p < 5$  % ; \*\* :  $p < 1$  % ; \*\*\*  $p < 0,1$  %).



# Quels paramètres faut-il suivre pour prédire le comportement technologique des différents muscles du jambon ?

(Laborde *et al.*, 1985). Des études sont en cours pour mieux maîtriser cette influence ;

- du jarret, qui évolue dans des pH supérieurs aux autres muscles. Cette pièce anatomique présente un rendement technologique important qui peut s'expliquer par son pH, mais également par l'importance du tissu conjonctif. Ce muscle peut donc être source d'un apport de collagène important facilitant la tenue de la tranche, avec le handicap d'une coloration nécessitant un traitement technologique particulier. Pour des pH équivalents, le jarret présente de moins bons rendements technologiques que le fessier moyen. Les différences principales entre ces muscles sont, outre l'importance du tissu conjonctif, le type métabolique des fibres musculaires, le jarret étant constitué principalement de fibres lentes, tandis que le fessier moyen comprend principalement des fibres rapides.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'OFIVAL de nous apporter son soutien dans la conduite de ce projet de caractérisation du jambon.

## BIBLIOGRAPHIE

- Alviset G., Braud J. et Vidal E. (1995). Influence du pH ultime et de trois génétiques sur la qualité du tranchage des jambons label rouge commercialisés en libre service. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, 5, 1, 10-24.
- ARIP Bretagne - ITP (1996). Influence de la qualité de la matière première sur les rendements et pertes au tranchage des jambons cuits supérieurs sans gras de couverture commercialisés en libre service. *Viandes et produits carnés*, 17, 3, 95-100.
- Barone R. (1989). Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2 : arthrologie et myologie. 3<sup>e</sup> édition. Éditions Vigot.
- Boutten B. (2002A). Composition chimique de la cuisse de porc : influence de l'âge, du pH ultime et du type génétique. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, 12, 3, 15-21.
- Boutten B. (2002B). Couleur et bicolorement du jambon cuit : influence de la couleur des muscles. *Bulletin de liaison du CTSCCV*, 12, 4, 3-14.
- Boutten B., Brazier M., Morche N. et Venduvre J.-L. (2000). Effects of animal and muscle characteristics on collagen and consequences for ham production. *Meat science*, 55, 2, 233-238.
- Franck M., Monin G. et Legault C. (2000). Observations complémentaires sur le jambon déstructuré, caractérisation du phénomène par le pH et la couleur du muscle semi-membraneux. *Journées de la recherche porcine en France*, 32, 345-349.
- Jacquet B., Sellier P., Runavot J.-P., Brault D., Houix Y., Perrocheau C., Gogué J. et Boulard J. (1984). Prédiction du rendement technologique de la fabrication du jambon de Paris à l'aide de mesures prises à l'abattoir. *Journées de la recherche porcine en France*, 16, 49-58.
- Kauffman R.G., Norman J.M., Gunasekaran S., van Laack R., Lee S. et Toliver T. (1996). Predicting water-holding capacity in post-rigor pork. *42<sup>th</sup> International congress of meat science and technology*, Matforsk, Norvège. Vol. 1, 284-285.
- Laborde D., Talmant A. et Monin G. (1985). Activités enzymatiques métaboliques et contractiles de 30 muscles du porc. Relation avec le pH ultime atteint après la mort. *Reproduction, nutrition, développement*, 25, 619-628.
- Larzul C., Lefaucheur L., Ecolan P., Gogué J., Talmant A., Sellier P., Le Roy P. et Monin G. (1997). Phenotypic and genetic parameters for *longissimus* muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in Large White Pigs. *Journal of animal science*, 75, 12, 3126-3137.
- Lepetit L., Salé P., Favier R. et Dalle R. (2002). Electrical impedance and tenderisation in bovine meat. *Meat science*, 60, 1, 51-62.
- Minvielle B., Boutten B., Alviset G., Deschodt G., Goureau L., Boulard J., Le Strat P. et Houix Y. (2002). Composition chimique des muscles des jambons frais et des jambons cuits : influence de l'âge à l'abattage et de la classe de pH ultime. *Journées de la recherche porcine en France*, 34, 7-13.
- Monin G., Sellier P. et Bonneau M. (1998). Trente ans d'évolution de la notion de qualité de la carcasse et de la viande de porc. *Journées de la recherche porcine en France*, 30, 13-27.