



Exsudation de la viande de dromadaire

Etude préliminaire de l'exsudation de la viande caméline chez le dromadaire algérien de la population sahraoui

Mots-clés : Exsudation, *Longissimus lumborum*, Viande caméline, Dromadaire, pH

Auteur : Hanane Smili^{1¶}, Mohammed Gagaoua^{1¶*}, Samira Becila¹, Messaouda Ider², Baaissa Babelhadj², Abdelkader Adamou², Brigitte Picard³, Ahmed Ouali⁴, Abdelghani Boudjellal¹

¹ Equipe Maquav, Laboratoire Bioqual, INATAA - Université Constantine 1, Route de Ain El Bey 25000, Constantine, Algérie ;
² Laboratoire des Bioressources Sahariennes : Préservation et valorisation, 30000, Université Kasdi Merbah- Ouargla, Algérie ; ³ INRA, VetAgro Sup, UMRH 1213, Unité de Recherches sur les Herbivores, Theix, 63122 Saint Genès Champanelle, France ; ⁴ UR370, QuaPA, INRA de Clermont Ferrand Theix, 63122 St. Genès Champanelle, France

* E-mail de l'auteur correspondant : gmbler2001@yahoo.fr

¶ Contribution similaire des deux auteurs à ce travail.

Une enquête menée auprès de bouchers de la wilaya de Ouargla (Sud-Est Algérien) a révélé leur volonté de vendre la viande de dromadaire rapidement pour éviter le problème d'exsudation. Notre étude préliminaire a pour but de caractériser quelques paramètres de la qualité de la viande du dromadaire Sahraoui (la population la plus dominante dans le Sud-Est Algérien) tout en essayant d'investiguer de près le problème de l'exsudation par le suivi de quelques paramètres technologiques.

Résumé :

L'exsudation de la viande représente la perte de fluide du muscle sans application de force mécanique. Elle est d'une grande importance dans la mesure où elle conditionne le rendement technologique du produit et donc sa valeur marchande. La caractérisation physico-chimique de la viande de dromadaire de la population Sahraoui a révélé une perte de poids élevée, expliquée essentiellement par la vitesse de chute du pH et son amplitude.

Abstract: Camel meat drip loss

The drip loss is the loss of fluid from muscle without mechanical force. It is of great importance as it determines the technological performance of the product and therefore its market value. The biochemical characterization of the Sahraoui population camel meat showed higher drip loss, mainly explained by the rate and extent of pH fall.

INTRODUCTION

L'insuffisance de la production animale que connaît l'Algérie ces dernières années est due à l'augmentation de la demande, aux changements climatiques et à la diminution des ressources fourragères. Face à ces contraintes, l'élevage camelin, bien que marginal, peut présenter un atout considérable pour le développement durable du pays.

L'Algérie est classée parmi les pays dont l'effectif camelin connaît une croissance élevée récente (Faye, 2013). Ceci s'explique probablement par les stratégies adoptées pour le soutien et le développement de l'espèce cameline depuis la fin des années 1990. Selon les estimations de la FAO, l'effectif camelin a atteint 315 000 têtes en 2011, classant de ce fait l'Algérie au 14^{ème} rang mondial (FAOstat, 2013). L'espèce cameline présente en Algérie est le *Camelus dromedarius* (chameau à une bosse). C'est l'animal qui s'adapte mieux que n'importe quel autre animal aux conditions désertiques. Concentré à 80% dans les régions sahariennes, le dromadaire algérien est distribué dans trois principales aires d'élevage, à savoir, le Sud-Est, le Sud-Ouest et l'extrême Sud (Ben Aissa, 1989).

Le cheptel camelin algérien est constitué de plusieurs populations (races ou phénotypes). La population Sahraoui

présente des rendements en carcasse plus intéressants que les autres. Pour exemple, l'âge à l'abattage présentant les rendements les plus élevés est de 7 – 9 ans chez la population Targui alors qu'il n'est que de 5 – 6 ans chez le Sahraoui (Adamou, 2009). L'élevage camelin algérien est surtout orienté vers la production de viande, et est, à ce titre considéré comme un pourvoyeur essentiel en protéines animales pour la population saharienne (Adamou, 2009 ; Faye, 2009 ; Senoussi, 2012).

Suite aux enquêtes menées auprès des bouchers, sur la consommation de la viande cameline en Algérie, un problème a été soulevé par les enquêtés. Il s'est avéré en effet que les bouchers tentaient de vendre la viande cameline dans les heures qui suivaient l'abattage et au plus tard durant les deux premiers jours pour éviter les pertes en poids liées à une exsudation excessive de la viande. Afin de mieux cerner cette problématique nous avons entrepris ces investigations sur un effectif de 12 dromadaires de la population Sahraoui afin de suivre la cinétique de quelques paramètres caractéristiques de la viande cameline et tirer quelques informations préliminaires sur cette question d'exsudation excessive de la viande.

I. METHODOLOGIE

Douze dromadaires mâles de la population Sahraoui, d'âges variables, abattus à l'abattoir communal de la région de Ouargla, ont été utilisés. Le muscle *Longissimus lumborum* a été prélevé la première heure suivant l'abattage. Les échantillons prélevés ont été stockés à 12°C pendant 24h *post-mortem* puis conservés à 5°C. Les paramètres mesurés en cinétique sont : le pH, la capacité de rétention d'eau et les pertes en poids. Le pH a été mesuré sur 2 g de muscle broyé et homogénéisé dans 20 ml d'iodoacétate de sodium à 5 mM, à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode en verre combinée. La capacité de rétention d'eau (CRE) de 5 g de muscle broyé a été estimée par la mesure de la quantité de jus relarguée (en mg/g de muscle humide) après 15 minutes de centrifugation (4 000 x g). Quant aux pertes en poids ainsi qu'en exsudat, elles ont été mesurées sur environ 250 g ± 70 g de muscle sous réfrigération à 5°C suivant la méthode de Honikel, (1998). La perte en poids et en exsudat sont exprimées en pourcentage du poids initial aux différents temps *post-mortem*.

La caractérisation de l'évolution du pH par ajustement des courbes, à l'aide d'une équation monomoléculaire, permet de déterminer son amplitude et sa vitesse d'évolution (Zamora et al., 2005). La modélisation de l'évolution du pH est réalisée à l'aide de l'équation exponentielle de type : $Y = a - b \times \exp^{-v \times t}$, où

Y représente le paramètre étudié ;

a, sa valeur ultime ; b, son amplitude d'évolution ;

v, sa vitesse d'évolution ; t, le temps *post-mortem*.

Les paramètres a, b et v sont calculés par la méthode des moindres carrés. L'amplitude de la capacité de rétention d'eau est calculée par la différence de la capacité de rétention d'eau à 1h et 48h *post-mortem*. Une analyse en composantes principales (type Spearman) est appliquée sur un tableau (i,j) comprenant en ligne les 12 muscles des animaux étudiés et en colonne les paramètres pH (3, 6, 24, 48 et 72h), capacité de rétention d'eau (3, 6, 24, 48 et 72h), pertes en poids (24, 48 et 72h), pertes en jus (24, 48 et 72h), amplitude de la chute du pH, vitesse totale de chute du pH, nombre de plateaux et l'amplitude de la CRE, soit une matrice de 12 x 20 variables. L'ACP permet de visualiser la distribution des paramètres physico-chimiques étudiés sur les axes exprimant la plus grande variabilité. Une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) ayant pour but de préciser le rôle du pH sur l'exsudation de la viande de dromadaire a été réalisée en ne gardant que les paramètres relatifs au pH. Les corrélations (Spearman) entre les variables étudiées en cinétique ou calculés ont été déduites de l'ACP. L'analyse des données est réalisée à l'aide du logiciel informatique Microsoft Excel 2007 et l'outil statistique XLstat 2009 (Addinsoft ©).

II. RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Mesure du pH

Concernant les valeurs moyennes des paramètres mesurés en cinétique pendant les 72 premières heures *post-mortem* sur le muscle *Longissimus lumborum* des 12 dromadaires de la population Sahraoui, il a été observé une chute progressive du pH pour atteindre une valeur ultime de l'ordre de 5,71 à 24h *post-mortem* (Tableau 1). Cette valeur ultime variait entre 5,7 et 6,0 et s'est avérée supérieure à celle des autres espèces animales (Zamora et al., 1996 ; Veiseth et al., 2004 ; Kadim et al., 2009 ; Abdelhadi et al., 2012). Certains auteurs qui comparaient ces valeurs ultimes plus élevées que celles du bovin, ont expliqué cette différence par un faible niveau des réserves en glycogène et un faible taux d'enzymes de la glycolyse dans le muscle des dromadaires (Kadim et al., 2006 ; Soltanizadeh et al., 2008). En effet, ces animaux sont dits néoglucogéniques, c'est-à-dire que la production de glucose se fait principalement par la voie de la gluconéogenèse, voie métabolique qui conduit à la production de glucose à partir de substrats non-glucidiques carbonés tels que le pyruvate, le lactate, le glycérol, les acides aminés glucogènes, et les acides gras à chaîne paire ou impaire de carbone. Les lipides mis en réserve dans la bosse contribuent beaucoup à cette synthèse de glucose. Cette voie est très importante chez les ruminants

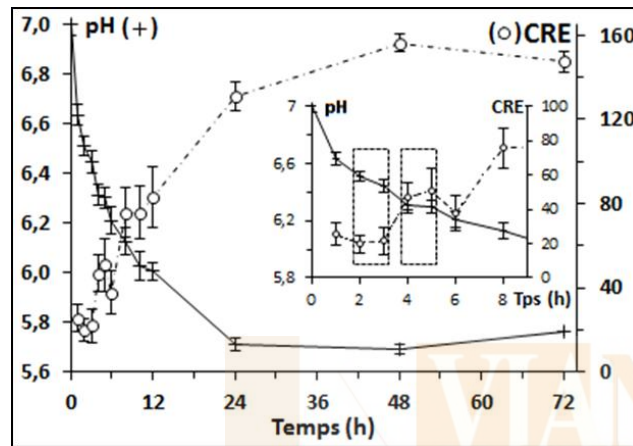
qui ont un faible apport alimentaire en glucides ce qui est le cas du dromadaire.

Cependant, la vitesse de chute du pH était en moyenne de $0,17 \pm 0,09$ unités de pH/h comparée au bovin dont la vitesse était voisine de 0,21 unités de pH/h (Ouali et al., 2006). Cette vitesse dépend de l'efficacité du système glycolytique, et du pouvoir tampon de la cellule musculaire (Bendall, 1979 ; Jia et al., 2006a,b ; Boudjellal et al., 2008). Il est notable également pour la première fois chez le dromadaire, la présence d'un ou de deux paliers correspondant à un ralentissement de la chute du pH, voire une stabilité totale de ce dernier pendant une courte durée entre 2 h et 6 h *post-mortem* dans un intervalle de pH allant de 6,6 à 6,2 (Figure 1). Ces plateaux indiquent un ralentissement du processus d'acidification qui s'explique en partie par l'inversion de la polarité membranaire rapportée lors du processus d'apoptose où par l'accumulation de métabolites basiques comme le bicarbonate résultant de la formation de CO₂ et les ions ammonium résultant des réactions de déamination (Boudjellal et al., 2008 ; Becila et al., 2010 ; Ouali et al., 2013). Bien qu'encore inexplicé, le nombre de plateaux semble participer à la définition de la tendreté ultime chez le bovin et l'ovine (Boudjellal et al., 2008 ; Ouali et al., 2013).

Tableau 1 : Moyenne \pm écart-type des différents paramètres étudiés des 12 dromadaires de la population Sahraoui

Paramètres	Moyenne \pm écart-type	Unité
pH 3h	6,45 \pm 0,22	
pH 6h	6,21 \pm 0,26	
pH 24h	5,71 \pm 0,21	
pH 48h	5,69 \pm 0,15	
pH 72h	5,76 \pm 0,12	
CRE 3h	21,86 \pm 47,64	mg/g
CRE 6h	37,49 \pm 61,06	
CRE 24h	131 \pm 41,51	
CRE 48h	156,2 \pm 25,3	
CRE 72h	147,5 \pm 28,3	
Vitesse chute pH	0,17 \pm 0,09	unité de pH/h
Amplitude pH	1,29 \pm 0,20	
Amplitude CRE	130,8 \pm 41,2	
PP 24h	2,81 \pm 1,06	%
PP 48h	4,90 \pm 1,41	
PP 72h	6,58 \pm 1,72	
PJ 24h	0,03 \pm 0,05	%
PJ 48h	0,05 \pm 0,06	
PJ 72h	0,11 \pm 0,14	

Figure 1 : Cinétique d'évolution du pH et de la capacité de rétention d'eau (CRE) (moyenne \pm écart-type) du muscle *Longissimus dorsi* de 12 dromadaires de la population Sahraoui au cours du temps *post-mortem*



II.2. Capacité de rétention d'eau

Post-mortem, la capacité de rétention d'eau du muscle *Longissimus lumborum* a augmenté parallèlement à la chute du pH ($r \approx 0,95$) et a atteint sa valeur ultime de $156,2 \pm 25,3$ mg/g à 48h *post-mortem*. Ces deux variables semblent donc très interdépendantes (Figure 1). En effet, des ruptures de courbes sont observées de façon concomitante pour le pH et la rétention d'eau (Figure 1). Plusieurs phénomènes participent à cette libération d'eau : (1) l'acidification du muscle qui, en se rapprochant du point isoélectrique des protéines musculaires, provoque la diminution de leurs charges et l'augmentation de leur hydrophobicité. C'est l'eau immobilisée par effets stériques et/ou par attraction à l'eau liée qui est la plus touchée par le développement de la *rigor* (Huff-Lonergan et Sosnicki, 2002) ; (2) la protéolyse *post-mortem* (dégradation des structures cytosquelettiques transversales) provoque également des changements irréversibles dans l'espace entre les myofibrilles, ce qui facilite l'écoulement de l'eau vers l'extérieur et l'augmentation du jus libéré (Bond et al., 2007) ; (3) l'altération du sarcolemme (Astruc, 2008 ; Becila et al., 2010) qui présente, dès 2h *post-mortem*, des perforations correspondant probablement à la dégradation de structures membranaires diverses comme les nombreux complexes servant d'ancrage des myofibrilles à la membrane (Costamères au niveau de la ligne Z, structures à base

d'intégrines au niveau de la bande M ...etc.), de nombreux canaux transporteurs de métabolites ou de sels minéraux, les points d'ancrage à base de spectrine et d'ankyrine et bien d'autres encore (Clark et al., 2002). Ces perforations vont bien évidemment faciliter la libération de l'eau vers le compartiment extracellulaire ; (4) la mise en place de l'apoptose dès les premières minutes suivant la mort de l'animal (Becila et al., 2010). Les cellules apoptotiques se caractérisent par l'inversion de la polarité membranaire et la rétraction cellulaire. La rétraction cellulaire observée dès la première heure *post-mortem*, alors que le pH est proche de la neutralité, conduit à une augmentation conséquente de l'espace extracellulaire qui peut atteindre jusqu'à 33% à 24h *post-mortem* (Ouali et al., 2006 ; Becila et al., 2010). Cette rétraction cellulaire très précoce (dès les premières minutes après la mort de l'animal) va bien évidemment accélérer le processus de transfert de l'eau intracellulaire vers la matrice extracellulaire (Ouali et al., 2006 ; Becila et al., 2010). Par une approche différente, Guignot et al. (1994) ont également observé une augmentation de l'espace extracellulaire alors que le pH est encore élevé avec un maximum atteint environ 10h *post-mortem*. Selon Ouali et al. (2006), ce temps correspondrait également aux maxima de la rétraction cellulaire et de l'externalisation des phosphatidylsérines.

II.3. Mesure de la perte de poids

La mesure de la quantité d'exsudat est délicate et conduit souvent à une sous-estimation des pertes. Il est préférable de prendre en compte la perte de poids du muscle lors de la conservation, mesure plus aisée et plus précise. Dans le cas présent, la perte de poids des échantillons de muscles a crû au cours du stockage à 5°C passant en moyenne de 2,81 % ($\pm 1,06$) à 24h *post-mortem* à 6,58% ($\pm 1,72$) après 72h de conservation soit une augmentation de l'ordre de 240%. Comme mentionné précédemment, la quantité d'exsudat pour les mêmes échantillons ne dépassait pas 0,25% (Tableau 1 et Figure 2). Sur le plan économique, cette perte de poids cause une perte financière évaluée à 180 DA à 24h et pouvant atteindre 424 DA après 72 h de conservation pour 10 kg de muscle environ (Figure 2). Comparé aux autres espèces animales, la viande de dromadaire de la population Sahraoui a donc perdu plus d'eau, avec des valeurs proches de celles du porc (Figure 3). En comparaison au porc dont la viande est majoritairement blanche, et qui a tendance à être

plus exsudative que les muscles rouges (cas du bœuf, du cheval et de l'agneau), le dromadaire possède une musculature plutôt rouge et donc oxydative. Ceci est confirmé par une analyse des isoformes de myosine qui démontre la présence d'une seule isoforme de type IIa (Smili, 2014) caractéristique des muscles rouges oxydolytiques à contraction rapide et habituellement à chute de pH relativement rapide bien que toujours inférieure à la vitesse d'acidification des muscles blancs (type IIb). La vitesse de chute du pH a été ici de 0,17 upH/h au lieu de 0,21 upH/h pour le bovin. Par ailleurs, de nombreux facteurs biologiques ou technologiques peuvent être invoqués pour expliquer cette exsudation excessive chez le dromadaire (Ocampo et al., 2009 ; Lorenzo et al., 2013). De plus, Cristofaneli et al. (2004) ont suggéré que la viande de dromadaire contenait plus de jus extractible que les autres espèces à cause de la contenance plus faible en gras.

Figure 2 : Evolution de la perte en poids et en jus (moyenne \pm écart-type) du muscle *Longissimus dorsi* de 12 dromadaires de la population Sahraoui au cours du temps *post-mortem*.
La perte en coût est estimée pour 10 kg de muscle (taux de change moyen 108 DA = 1€)

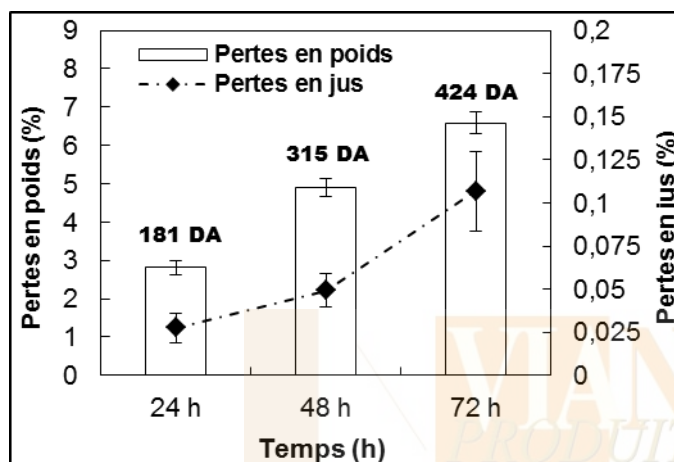
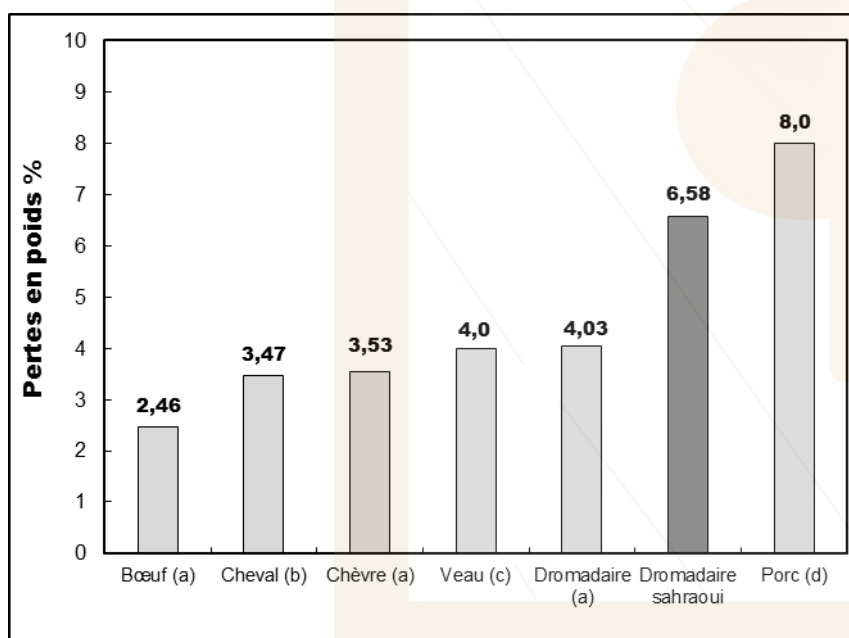


Figure 3 : Comparaison des pertes en poids à 72h *post-mortem* du muscle des dromadaires, de la population Sahraoui, étudiés à quelques espèces bouchères de la littérature



Références : (a) Fakolade (2012) ; (b) Lorenzo et al. (2013) ; (c) Morel (1991) ; (d) Ocampo et al. (2009)

II.4. Corrélations entre les variables

L'analyse en composantes principales réalisée sur l'ensemble des données a généré une matrice des corrélations entre toutes les variables (Tableau 2) et a permis de visualiser la distribution des variables physicochimiques de la qualité de la viande de dromadaire étudiée dans le plan défini par les deux premiers axes factoriels (Figure 4). Ces deux premiers axes ont expliqué 44,3 % de la variabilité observée. Les variables les plus impliquées dans ce plan ont été les pertes en jus et le pH à 6h, 24h et 48h, pour l'axe CP1 expliquant 24,5% de la variabilité et la vitesse de chute du pH, le pH et la CRE à 3h pour l'axe CP2 qui ont expliqué 19,8% de la variabilité observée.

Les pertes en jus du muscle ont été négativement corrélées aux pH 6h et 48h et positivement avec l'amplitude de chute du pH. Cependant, la vitesse de chute du pH a été positivement corrélée à la capacité de rétention d'eau et à la perte de poids. Le nombre de plateaux a été aussi

positivement corrélé à la CRE (Tableau 2). On peut donc conclure que, l'accélération de la chute du pH et le pH faible sont liés au développement d'une faible capacité de rétention d'eau et une perte en jus élevée.

Dans tous les cas, le pH revient donc comme une cause principale des phénomènes d'exsudation de la viande. Pour préciser le rôle de ce paramètre sur l'exsudation de la viande de dromadaire, une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) a été réalisée en ne gardant que les paramètres relatifs au pH (pH aux temps 3, 6, 24, 48, 72h *post-mortem* ainsi que la vitesse (V-pH) et l'amplitude (amp-pH) de chute du pH). L'objectif de cette AFD a été de voir la capacité des variables sélectionnées à discriminer les animaux sur la base de leur perte de poids à 72h. Cette dernière variable a ainsi permis de définir 5 groupes dénommés G1 à G5 et correspondant respectivement à une perte de poids à 72h inférieure à 5% pour G1, comprise entre 5% et 5,6% pour

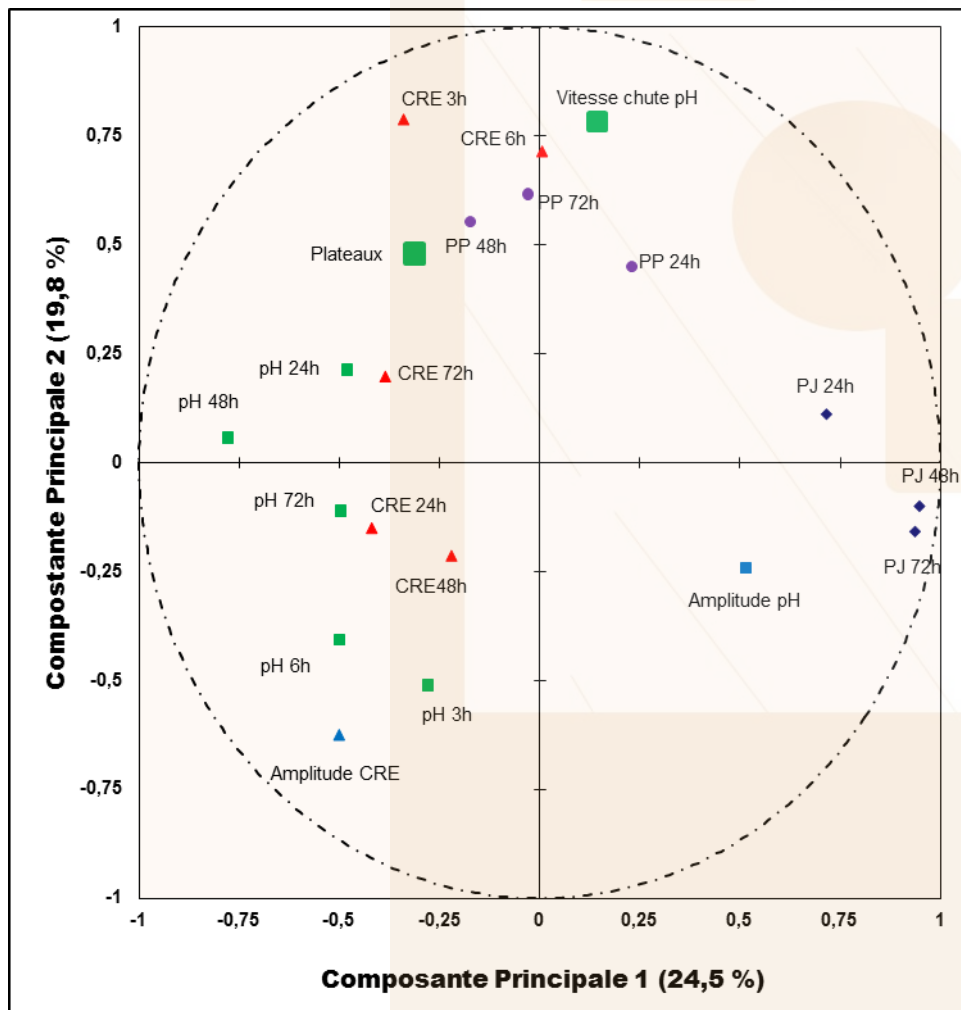
G2, 5,6% et 7% pour G3, 7% et 8% pour G4 et supérieure à 8% pour G5. Considérant les quatre premiers axes factoriels, la discrimination des animaux a été totale avec 100% d'animaux bien classés sur la base de la perte de poids à 72h *post-mortem* (r avec l'axe F2 = + 0,72), des muscles correspondants (Figure 5).

Généralement, les résultats les plus importants ont été les informations apportées par les 2 premiers axes factoriels F1 et F2 qui ont expliqués ici environ 96,7% de la variabilité observée. Sur la figure 5 ont été précisées les valeurs propres, le pourcentage de la variabilité expliquée par chacun des axes ainsi que les variables qui se sont projetées le mieux sur chacun des axes dans l'ordre décroissant de leur corrélation avec le facteur considéré. Le premier axe a été défini par la vitesse (également bien corrélée à l'axe F3) et l'amplitude de chute du pH alors que le pH72h a été la

principale variable sur l'axe F2. Les variables pH6 (r avec V-pH = - 0,75) d'une part et pH24h (r avec amp-pH = - 0,98) d'autre part ont été respectivement bien corrélées avec la vitesse et l'amplitude de chute du pH.

Cette AFD a donc confirmé le rôle essentiel du pH dans les phénomènes d'exsudation, mais que recouvre ce paramètre ? L'acidification du muscle *post-mortem* ne se résume pas seulement à une production d'acide lactique. Ce paramètre est, en effet, la résultante d'un nombre élevé de voies métaboliques activées en même temps et produisant des métabolites capables de contribuer positivement ou négativement à la chute du pH ce qui expliquerait les paliers de stabilité du pH observés (Ouali et al., 2006 ; Boudjellal et al., 2008 ; Ouali et al., 2013). Il y a également compétition entre les métabolismes impliqués dans la survie et la mort des cellules musculaires.

Figure 4 : Analyse en composantes principales des différents paramètres étudiés



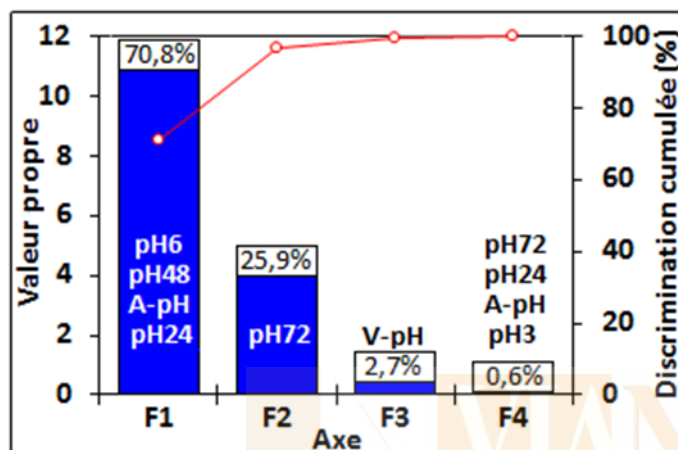
Légende : ■ pH ; ■ Amplitude pH ; + Vitesse de chute du pH ; * Plateaux ; ▲ Capacité de rétention d'eau (CRE) ; ▲ Amplitude CRE ; ● Pertes en poids (PP) ; ◆ Pertes en jus (PJ), Abréviations : capacité de rétention d'eau (CRE, en mg/g de muscle humide) ; vitesse de chute du pH (unité de pH/h) ; amplitude (unité de pH) ; amplitude CRE (mg/g) ; pertes en poids (PP) et pertes en jus (PJ) en %

Tableau 2 : Matrice de corrélation (Spearman) des différents paramètres étudiés

Variables ^a	PJ 24h	PJ 48h	PJ 72h	PP 24h	PP 48h	PP 72h	CRE 3h	CRE 6h	CRE 24h	CRE 48h	CRE 72h	Amplitude CRE
pH 3h												
pH 6h		-0,39*	-0,37*									0,37*
pH 24h			-0,33*									0,62***
pH 48h	-0,46**	-0,65***	-0,71***				0,39*					
pH 72h	-0,43***	-0,43***	-0,5***						0,4*			
CRE 3h			-0,36*		0,33*	0,37*				0,51**		
CRE 6h							0,51**				0,45***	
CRE 24h	-0,37*	-0,49**	-0,54***									
CRE 48h					-0,36*							
CRE 72h						-0,37*						
Vitesse chute pH							0,45**					
Amplitude pH								0,65***				
Plateaux									0,44**			
Amplitude CRE		0,43**	0,36*							0,4*		
PP 24h	-0,42*	-0,46**	-0,39*								0,4*	
PP 48h	0,34*		-0,34*									0,4*
PP 48h				0,83***								
PP 72h					0,77***							
PP 72h						0,85***						
PJ 24h												
PJ 24h				0,73***								
PJ 24h					0,34*							
PJ 48h												
PJ 48h												
PJ 48h	0,81***											
PJ 48h		0,98***										

^a Seuil de signification : * P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.

Figure 5 : Discrimination cumulée et valeur propre des différents axes factoriels



CONCLUSION

Le rôle essentiel du pH dans le problème d'exsudation des viandes de dromadaire a été confirmé dans cette présente étude. Ce processus est resté à ce jour inexpliqué. L'acidification du muscle est la résultante de nombreux processus biochimiques activés dès la mort de l'animal et la privation des muscles en oxygène et en nutriments apportés par le sang. Les muscles *Longissimus* du dromadaire Sahraoui ont uniquement une isoforme de myosine de type IIa ce qui correspond à un métabolisme oxydo-glycolytique et à un muscle de couleur rouge. Ce type de muscle est peu exsudatif par rapport aux muscles blancs de type IIb, muscle

communément trouvés chez le porc. Leur pH ultime est plus élevé que ce qui a été observé chez le bovin, l'agneau et le porc. Par ailleurs, il reste l'origine génétique comme cela a été observé chez le porc, hypothèse peu probable mais celle-ci devra être vérifiée expérimentalement en recherchant des mutations dans les gènes concernés. Toujours est-il que sur le plan économique cette exsudation a un poids très important et ce phénomène mérite des recherches plus approfondies chez le dromadaire Sahraoui. Des investigations plus poussées sont en cours pour une meilleure compréhension des mécanismes sous-jacents.

Remerciements :

Les auteurs remercient le Pr. Abdelmadjid Chehema, directeur du laboratoire « Bioressources Sahariennes » Université Kasdi Merbah Ouargla, où une partie de ce travail a été réalisée.

Références :

- Abdelhadi O.M.A., Babiker S.A., Picard B., Jurie C., Jailler R., Hocquette J.F. & Faye B. (2012). Effect of season on contractile and metabolic properties of desert camel muscle (*Camelus dromedarius*). *Meat Science*, 90, 139-144.
- Adamou A. (2009). Notes sur la polyfonctionnalité de l'élevage camelin. *Journal Algérien des Régions Arides*, N° 8, 35-47.
- Astruc T. (2008). Morphologie du sarcolemme des fibres musculaires anoxiques: résultats préliminaires, *Viandes et produits carnés*, 12^e JSMTV, p.161-162, 243p
- Ben aïssa (1989). Le dromadaire en Algérie. *CIHEAM- options méditerranéennes- série séminaires- n°2*, 19-28.
- Bendall J.R. (1979). Relations between muscle pH and important biochemical parameters during the post mortem changes in mammalian muscles. *Meat Science*, 3, 143-157.
- Becila S., Herrera-mendez C.H., Coulis G., Labas R., Astruc T., Picard B., Boudjellal A., Pelissier P., Bremaud L. & Ouali A. (2010). Post mortem muscle cells die through apoptosis. *Eur. Food. Res. Technol.*, 213, 485-493.
- Boudjellal A., Becila S., Coulis G., Herrera-mendez C., Aubry L., Lepetit J., Harhoura K., Sentandreu M.A., Ait amar H. & Ouali A. (2008). Is the pH drop profile curvilinear and either monophasic or polyphasic? Consequences on the ultimate bovine meat texture. *African Journal of Agricultural Research* 3, 195-204.
- Bond J.J. & Warner R.D. (2007). Ion distribution and protein proteolysis affect water holding capacity of *Longissimus thoracis et lumborum* in meat of lamb subjected to *ante mortem* exercise. *Meat Science*, 75, 406-414.
- Clark K.A., McElhinny A.S., Beckerle M.C. & Gregorio C.C. (2002). Striated muscle cytoarchitecture: an intricate web of form and function. *Annu Rev Cell Dev Biol* 18, 637-706.
- Cristofanelli S., Antonini T., Torres D., Polidori P. & Renieri C. (2004). Meat and carcass quality from peruvian llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*). *Meat Science*, 66, 589-593.
- Fakolade P.O. (2012). Meat quality parameters on Nigeria organic beef, chevon and camel. 58th International Congress of Meat Science and Technology.
- FAOstat (2013). Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole : Division de la statistique, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Site web : <http://faostat.fao.org/site/573/default.aspx#ancor>, consulté le 10/04/2013.

Faye B. (2009). L'élevage des grands camélidés : vers un changement de paradigme. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, 16, 345-348.

Faye B. (2013). Classification, history and distribution of the camel. Dans: Camel meat and meat products (eds : Kadim I.T., Mahgoub O., Faye B., Farouk M.), CABI, U.K., p.1-7, 258 p.

Guignot F., Touraille C., Ouali A., Renner M. et Monin G. (1994). Relationships between post-mortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. Meat Science 37, 315-325.

Honikel K.O. (1998), Reference methods for assessment of physical characteristics of meat. Meat Science, 49, 477-457.

Huff-Lonergan E. et Sosnicki A. (2002). Water holding capacity of fresh meat. American meat science association, National Pork Board, 8p

Jia X., Hollung K., Therkildsen M., Hildrum K.I., Bendixen E. (2006a). Proteome analysis of early *post mortem* changes in two bovine muscle types: *M. longissimus dorsi* and *M. semitendinosus*. Proteomics, 6, 936-944.

Jia X., Hildrum K.I., Westad F., Kummen E., Aass L., Hollung K. (2006b). Changes in enzymes associated with energy metabolism during the early *postmortem* period in *longissimus thoracis* bovine muscle analyzed by proteomics. Journal of Proteome Research, 5, 1763-1769.

Kadim I.T., Al-hosni Y., Mahgoub O., Al-marzooqi W., Khalaf S.K., Al-maqbaly R.S., Al-sinawi S.S.H. & Al-amri I.S., 2009, Effect of low voltage electrical stimulation on biochemical and quality characteristics of *Longissimus thoracis* muscle from one humped camel (*camelus dromedaries*), Meat Science 82, 77-85.

Kadim I.T., Mahgoub O., Al-marzooqi W., Al-zadgali, Annamali K. & Mansour M.H. (2006), Effects of age on composition and quality of muscle *Longissimus thoracis* of the Omani Arabian (*Camelus dromedaries*). Meat Science, 73, 619-625.

Lorenzo J.M., Pateiro M. & Franco D. (2013). Influence of muscle type on physicochemical and sensory properties of foal meat. Meat Science, 94, 77-83.

Morel J. (1991). Approvisionnement en fer chez le veau d'engraissement. Revue suisse Agric., 23 (2), 85-88.

Ocampo I.V., Bermudez F. & Diaz H. (2009). Effect of storage time, muscle type, and animal genotype on drip loss in raw pork. Acta Agronomica, 58, 1-14.

Ouali A., Herrera-mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A., Aubry L. & Sentandreu M.A. (2006). Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. Meat Science, 74, 44-58.

Ouali A., Gagaoua M., Boudida Y., Becila S., Boudjellal A., Herrera-Mendez C.H. & Sentandreu M.A. (2013). Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. Meat Science, 95, 854-70.

Senoussi A. (2012). L'élevage camelin en Algérie : mythe ou réalité ?. Renc. Rech. Ruminants, 19, 308.

Smili H. (2014). Etude de paramètres physico-chimiques et biochimiques en cinétique au cours de la maturation de la viande de dromadaire. Mémoire de Magistère, INATAA Université Constantine 1. Pp 127.

Soltanzadeh N., Kadivar M., Keramat J. & Fazilati M. (2008). Comparison of fresh beef and camel meat proteolysis during cold storage. Meat Science, 80, 892-895.

Veiseth E., Shackelford S.D., Wheeler T.L. & Koohmaraie M. (2004). Indicators of tenderization are detectable by 12 h *post mortem* in ovine *Longissimus*. Journal of Animal Science, 82, 1428-1436.

Zamora F., Debiton E., Lepetit J., Lebert A., Dransfield E. & Ouali A. (1996). Predicting variability of ageing and toughness in beef *M. Longissimus lumborum* et *thoracis*. Meat Science, 43, 321-333.

Zamora F., Aubry L., Sayd T., Lepetit J., Lebert A., Sentandreu M.A. & Ouali A. (2005). Serine peptidase inhibitors, the best predictor of beef ageing amongst a large set of quantitative variables. Meat Science, 71, 730-742.