



Effets des conditions d'alimentation et d'abattage sur les caractéristiques de carcasse et de viande du Caprin Créole

Léticia Lim  ea

► To cite this version:

Léticia Lim  ea. Effets des conditions d'alimentation et d'abattage sur les caractéristiques de carcasse et de viande du Caprin Créole. Science des productions animales. AgroParisTech, 2009. Français.
NNT : 2009AGPT0076 . pastel-00658134

HAL Id: pastel-00658134

<https://pastel.hal.science/pastel-00658134>

Submitted on 9 Jan 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et ´a la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, ´emanant des ´tablissements d'enseignement et de recherche français ou ´trangers, des laboratoires publics ou privés.

N° / / / / / / / / / / / / / / / /

THÈSE

pour obtenir le grade de

Docteur

de

**L’Institut des Sciences et Industries du Vivant et de
l’Environnement
(Agro Paris Tech)**

Spécialité : Agronomie

*Présentée et soutenue publiquement
par*

LIMEA Léticia

le 11 Décembre 2009

**EFFETS DES CONDITIONS D'ALIMENTATION ET D'ABATTAGE SUR LES
CARACTERISTIQUES DE CARCASSE ET DE VIANDE
DU CAPRIN CREOLE**

Directeur de thèse: Harry ARCHIMEDE

Codirectrice de thèse: Gisèle ALEXANDRE

Travail réalisé : INRA, UR143, Recherches zootechniques, Petit-Bourg, F-97170, France.

Devant le jury :

Pr. Abel Hiol, Professeur d’Université, IUT Saint Claude.....	Rapporteur
Pr. Jean-Marie Lugingbul, Professeur d’Université, Univ. Caroline du Nord	Rapporteur
Dr. Pierre Morand-Fher, Directeur de Recherche, Agroparistech.....	Examinateur
Dr. Marie-Noëlle Sylvestre, Maître de Conférence, UAG.....	Examinateur
Dr. Gisèle Alexandre, Ingénieur de Recherche, INRA-URZ.....	Examinateur
Dr. Marie-Line Boval, Chargé de Recherche-HDR, INRA-URZ.....	Présidente

L’Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l’Environnement (Agro Paris Tech) est un Grand Etablissement dépendant du Ministère de l’Agriculture et de la Pêche, composé de l’INA PG, de l’ENGREF et de l’ENSIA (Décret n° 2006-1592 du 13 décembre 2006)

A ma famille, à mes frères et ma sœur, pour leur soutien et leur compréhension.

A mes amis, à Gilles, à Malyka, à Valérie, à Stéphanie, et à Lucina, pour leurs encouragements permanents.

A ma douce maman, pour son amour, son soutien et sa foi inébranlable en mes capacités.

REMERCIEMENTS

Remerciements

Je tiens à remercier la Région Guadeloupe et le département de Génétique Animale de l'INRA qui ont co-financé ce projet de thèse. Je salue également l'accueil des équipes de l'unité QuaPA, équipe BPM à INRA-Theix et de l'UMR, Physiologie de la Nutrition et Alimentation à l'Agroparistech. Ce travail a été réalisé l'Unité de Recherches Zootechniques (U.R.Z.) de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Centre de Recherches Antilles Guyane (CRAAG).

Je remercie chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de ce travail de thèse. Je les remercie pour leur disponibilité, leur enthousiasme, leurs encouragements et ainsi que leur confiance tout au long la thèse:

Mes deux encadrants pour leur soutien et leurs conseils avisés: Harry Archimède et Gisèle Alexandre.

Les membres du jury pour m'avoir fait l'honneur d'évaluer cette thèse: Pierre Morand-Fher, Abel Hiol, Jean-Marie Lusingbul, Marie-Noëlle Sylvestre, Gisèle Alexandre, Marie-Line Boval.

Les autres scientifiques qui m'ont apporté leur aide: Daniel Sauvant, Valérie Berthelot, Elisabeth Laville, Pierre Bas, Philippe Schmidely, Gary Garcia.

Tous ceux et celles qui ont consacré du temps à ma formation par leur disponibilité et leur assistance technique:

UE de Gardel: Jérôme Fleury, Ode Coppry, Rémy Arquet, Jacky Gobardham, Fritz Mounoussamy, Tony Kandassamy, Angebert Nepos, Pierre Mulciba, Xavier Godard, Willy Troupé, Saint-ange Matou, Kathy Bégarin, Alain Farrant;

UEPSA: Brun Racon, Caroline Anaïs, Ascens Gérard Gravillon, Bruno Bocage, Félix Silou, Mélain Bructer, Paul Despois, Marius Arjournin, Mario Giorgi, Katia Benony, Christelle Benoit, Dominique Romanus;

Laboratoire Aliments: Georges Saminadin, Tatiana Silou, Suzitte Calif, Lucien Philibert, Carine Chevry-Marie-Magdeleine;

Laboratoire de parasitologie : Hugues Varo, Lucina Abinne Molza, Marianne Loyson;

URZ: Marie-Josée Noel-Bevis, Elin Calif, Luber Tel, David Renaudeau, Nathalie, Mandonnet, Maryline Boval, Mélanie Flainville-Maricel, Maurice Mahieu, Jean-luc Gourdine, Audrey Fanchone;

Ex-thésards, post doc et thésards actuels: Xavier Xandé, Jean-Christophe Bambou, Séverine D'Alexis, Claudia de la Chevrotière, Carole Regner, Loïc Emboulé (CIRAD);

Les stagiaires: Koreissi, Maud, Régis, Sarah, Emilie, Sophie, Kim, Cindy, Sébastien.

Un clin d'œil particulier à: Régis Alexandre, Ode Coppry, Lucina Abinne Molza, Abinne Marie-Laure, Hugues Varo, Audrey Fanchone, Carine Chevry-Marie-Magdeleine, Bruno Bocage, Mélain Bructer, Luber Tel, plus que des collègues, ils sont devenus des amis très chers

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Ce travail a été réalisé à l'Unité de Recherches Zootechniques (I.N.R.A., Petit Bourg, Guadeloupe) et il s'inscrit dans deux des 3 grands axes de recherches de l'équipe de l'U.R.Z : Adaptation des animaux aux contraintes d'élevage, Caractérisation et gestion des ressources alimentaires, Conception et évaluation de systèmes d'élevage alternatifs. Ce travail transversal est orienté vers l'étude des facteurs d'élevage influençant les qualités des carcasses et de viande du caprin Créole.

Les différents travaux de recherches menés au cours de cette thèse ont fait l'objet de publications.

Articles scientifiques intégrés dans la thèse

1. Liméa, L., Gobardham, J., Gravillon, G., Nepos, A., Alexandre, G., 2009. Growth and carcass traits of Creole goats under different pre-weaning, fattening and slaughter conditions. Tropical Animal Health and Production, 41, 61–70.
2. Liméa, L., Bocage, B., Arquet, R., Mahieu, M., Alexandre, G., 2009. Carcass conformation and cut composition of Creole goat from Guadeloupe. Tropical Animal Health and Production, DOI 10.1007/s11250-009-9451-3.
3. Liméa, L., Archimède H., Berthelot V., Morand-Fehr, P., Alexandre, G. 2009. Effects of feeding regimen and age at slaughter on composition and quality of muscle and adipose tissues of Creole goat (*corrections internes avant soumission*).
4. Liméa, L., Silou F., Gobardhan J., Mahieu, M., Alexandre, G., 2009. Intérêts, conditions et conséquences de l'alourdissement des carcasses de caprins Créoles de Guadeloupe (*soumis à INRA Prod. Anim.*).
5. Liméa, L., Boval, M., Mandonnet, N., Garcia, G., Archimède, H., Alexandre, G., 2009. Growth performances, carcass quality and non-carcass components of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities. Journal of Animal Science, DOI:10.2527/jas.2009-1834.
6. Liméa, L., Alexandre, G., Berthelot, V. 2009. Fatty acid composition of muscle and adipose tissues of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities (*soumis à J. Anim. Sci.*).

Autres articles scientifiques

7. Alexandre, G., Liméa L., Nepos, A., Fleury, J., Lallo, C. H.O., Archimedé, H., 2009. Effects of feeding regime on performances at slaughter, body components and carcass

measurements of Creole kids of Guadeloupe. *Scientia Agricola (accepté sous réserves de modifications)*.

8. Alexandre, G., Liméa, L., Fanchonne, A., Coppry, O., Mandonnet, N. and Boval, M., 2009. Effect of forage feeding on goat meat production: carcass characteristics and composition of Creole kids reared either at pasture or indoors in the humid Tropics. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 22 (8), 1140.
9. Marie-Magdeleine, C., Liméa, L., Etienne, T., Lallo C.H.O, Archimède H., Alexandre, G., 2009. The effects of replacing *Dichantium* hay with banana (*Musa paradisiaca*) leaves and pseudo-stem on carcass traits of Ovin Martinik sheep. *Tropical Animal Health and Production*, DOI 10.1007/s11250-009-9344-5.

Communications à congrès

- Liméa, L., Alexandre, G., Arquet, R., Gravillon, G. and Bocage, B., 2006. How To Produce Heavy Goat Carcass With Lean Meat? *Proceedings of the 15th Meeting of CAS: Science and technology in a Caribbean Environment*. Caribbean Academy of Sciences (CAS), Gosier, Guadeloupe, p. 150.
- Limea, L., Alexandre, G., Arquet R., Gravillon, G., Bocage, B., Laville, E., 2006. Qualité des carcasses de caprins créoles abattus à des poids différents. *Proceedings of the 11th JSMTV (Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes)*. Viandes & Produits carnés, Clermont-Ferrand, France, pp. 221-222.
- Liméa, L., Bocage, B., Arquet, R., Alexandre, R., Mahieu, M., Alexandre, G., 2008. Carcass conformation and description of Creole goat of Guadeloupe: initial results. *Proceedings of the 9th International Conference on goats*. International Goat Association (IGA), Querétaro, Mexico, p.118.
- Alexandre, G., Liméa, L., Bocage, B., Mahieu, M., Mandonnet, N. 2009. Découpe et mensurations des carcasses de caprins Créoles élevés en conditions intensives. *16^{ème} Journ. 3R (Rencontres Recherches Ruminants)*, 2-3, Décembre, La Vilette, Paris (*In press*).

Formations scientifiques au cours de la thèse

- Séminaire «Techniques de séparation et dosages par HPLC», Waters, Abymes, Guadeloupe, 4 février 2006 (8h).
- Formation scientifique «Initiation à la modélisation systémique», INA-PG, Petit-Bourg, Guadeloupe, 3-6 avril 2006 (24h).

- Formation scientifique «Communication Scientifique et Professionnelle en Anglais et Français», CIRAD, Petit-Bourg, Guadeloupe, 29 mai-2 juin 2006 (40h).
- Formation linguistique E-learning avec Tell Me More en anglais britannique, AURALOG, 25 avril- 02 novembre 2006
- Formation scientifique «Les qualités nutritionnelles des viandes et abats de ruminants», Institut de l'élevage, Paris, 17 octobre 2006 (8h).
- Qualité de la viande et des produits carnés des ruminants, IAMZ-CIHEAM, Saragosse, 16-20 Avril 2007 (36h).
- Séminaire «Objectif premier emploi», ED ABIES, Agroparistech, Paris, 23-25 Janvier 2008 (24h).
- Formation statistique: initiation au logiciel R, INRA, Petit-Bourg, 3-7 Mars 2008 (40h).

Stagiaires en co-encadrement au cours de la thèse

- La "démarche qualité": une opportunité pour la filière caprine guadeloupéenne ?, 2005. Touré K., ISTOM (Institut Supérieur Technique Outre Mer).
- Performances des cabris Créoles durant leur phase d'engraissement, 2005. Henaff M. DESS production animales en région chaudes, Université de Montpellier II.
- Analyse de la variabilité des carcasses de caprins créoles de Guadeloupe en vue d'une étude de la conformation, 2005. Alexandre R., DESS production animales en régions chaudes, Université de Montpellier II.
- Variabilité de la teneur en collagène chez le caprin créole, 2005. Gobert S., Stage bénévole.
- Étude de la conformation des caprins Créoles: description des sites anatomiques des carcasses, 2006. Delbreil E., Ecole vétérinaire de Toulouse.
- Étude de la qualité de la viande du caprin créole: Variabilité du collagène, 2006. Vincent S., DUT Génie biologique Option Industries Alimentaires et Biologiques, IUT de Saint-Claude.
- Cinétique des dépôts lipidiques et protéiques dans la carcasse des caprins Créoles, 2006. Tolède K., DUT Génie biologique Option Industries Alimentaires et Biologiques, IUT de Saint-Claude.
- Études des différentes méthodes analytiques appliquées pour améliorer la qualité de la viande de caprin Créole, 2007. Godran C., DUT Génie biologique Option Industries Alimentaires et Biologiques, IUT de Saint-Claude.

Publications scientifiques

- Effets de la complémentation sur la croissance et l'utilisation digestive des rations des Caprins Créoles, 2007. Reversat S., Master Sciences et Technologies, Mention BGAE (Biologie, Géosciences, Agro ressources, Environnement), Université de Montpellier II

RESUME DE LA THESE

Effets des conditions d'alimentations et d'abattage sur les caractéristiques de carcasse et de viande du Caprin Créo

Les objectifs du projet de thèse étaient: 1) d'apporter des connaissances sur le potentiel boucher et les qualités de la viande du cabri Créo, 2) de déterminer les principales conditions d'élevage et d'abattage qui influencent le potentiel boucher et les qualités de la viande. Concernant ce deuxième point le système d'alimentation et l'âge/poids d'abattage des animaux ont été les 2 principaux facteurs de variation. Deux essais ont été conduits. Le premier a mobilisé 91 chevreaux selon un dispositif factoriel 2x3 qui a permis de tester l'effet d'herbe seule *versus* une ration mixte (50 %) de concentré à 3 âges d'abattage: 7, 11 et 15 mois. Le deuxième essai a mobilisé 40 chevreaux alimentés recevant une ration composée d'herbe avec 0, 140, 240 ou 340 g/j d'un concentré commercial. Le principal résultat du travail de la thèse est qu'il est possible d'améliorer la vitesse de croissance (jusqu'à 85 g/j), le poids (jusqu'à 12 kg) la conformation des carcasses (jusqu'à 4 sur une note de 5) et la qualité la viande du caprin Créo au moyen de l'alimentation. L'alimentation à base d'herbe seule et les rations mixtes permettent potentiellement d'obtenir des carcasses de qualité assez similaires avec des durées d'engraissement variables. A l'intérieur des régimes herbe, le pâturage et l'auge ne conduisait pas aux mêmes résultats. En matière de qualité de la viande, il a été mis en évidence que comme chez tous les caprins, la viande de caprin Créo demeurait relativement maigre même avec des régimes riches en énergie du fait d'une accumulation préférentielle du gras dans la cavité abdominale (4-7 % du poids vif vide). En ce qui concerne les autres caractéristiques des viandes, tels que les profils d'AG et les niveaux de pH, ils sont similaires à ceux de nombreuses races. L'apport de concentrés n'a pas augmenté les AG hypercholestéromiants au sein des AGS dans la viande et a réduit le rapport n-6/n-3 sous la valeur de 4 avec un apport de 240 g de concentré soit un peu moins de 50 % de la ration.

Les retombées de ce travail de thèse sont potentiellement importantes. Des bases sont jetées pour la promotion d'itinéraires techniques et de choix génétiques adaptés au contexte guadeloupéen et aussi la création d'une niche économique autour d'une viande de cabri labélisée. L'étude des qualités sensorielles, de l'impact du parasitisme dans les systèmes pâturés et l'évaluation technico-économique de nouveaux systèmes d'alimentation basés sur l'emploi des matières premières locales constituent de nouvelles pistes de recherches mises en évidence par ce travail.

Mots clefs : Caprin créole, qualité de carcasse et viande, systèmes d'alimentation

Effects of feeding and slaughtering conditions on carcass and meat quality of Creole goats of Guadeloupe.

The objectives of the project of thesis were: 1) to provide knowledge on the meat production and quality of Creole goat, 2) to determine the main conditions of breeding and slaughtering that influence the parameters. On this second point, the feeding system and the age/weight at slaughter were the 2 main factors of variation. Two trials were conducted. The first has raised 91 kids in a 2x3 factorial arrangement which tested the effect of grass alone *versus* mixed diets (50 % of concentrate) with 3 slaughter ages: 7, 11 and 15 months. The second trial used 40 kids receiving a diet consisting of grass with 0, 25, 35 or 50 % of a commercial concentrate. The main result of the project is that it is possible to improve the growth rate (up to 85 g/d), the weight (12 kg) and carcass conformation (up to 4 on a scale of 5) and the quality of Creole goats' meat through feeding strategies. Grass alone (cut or grazed) and mixed diets can potentially give similar quality carcasses with variable durations of feeding. Within the grass diet, grazing and indoor did not lead to similar results. In terms of meat quality it appeared that, as reported with other goat breeds, the Creole goat produced a very satisfactory lean meat even with high energy diets because of an abdominal fat accumulation (4-7 % of the empty live-weight). With regard to the other characteristics of the meat, the FA profile and the pH level were similar to those of other breeds. The supply of concentrate (240 g/d of concentrate, approximately 50 % in the diet DM) did not increase the SFA in the meat and had reduced the ratio n-6/n-3 under the value of 4-5 (threshold value for human health). The consequences of this study are potentially important for the local goat sector. The foundations for 1) the production of technical packages and animal genetic policies adapted to the Guadeloupean context ; 2) the definition of a strategy for a Creole goat meat labelled have been laid. Further studies are required on the sensorial qualities of the Creole meat, on the impact of the parasitism on carcass and meat characteristics and on the technical and economical assessment of new feeding systems using local non conventional feeds. Thus this work allowed to promote an indigenous breed reared under intensive feedlot system producing heavy and well-conformed carcass without deterioration of the meat quality.

Keywords: Goat Creole, carcass quality and meat, feeding systems

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION GENERALE.....	22
2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	27
2.1. LA PRODUCTION DE VIANDE ET LE CAPRIN CREOLE	27
2.1.1. La filière de la viande caprine : dans le monde et en Guadeloupe	27
2.1.2. Le caprin Créole: origine, élevage et atouts	29
2.1.3. Les concepts de qualités pour la production de viande	32
2.2. LA QUALITE DE LA CARCASSE	35
2.2.1. De l'animal vivant au produit fini.....	35
2.2.2. Le poids de carcasse	36
2.2.3. Le classement des carcasses.....	38
2.2.4. Le rendement de carcasse et de viande	41
2.3. LA QUALITE DE LA VIANDE	43
2.3.1. Caractéristiques du tissu musculaire	43
2.3.2. Relation entre les caractéristiques musculaires et la qualité de la viande	49
2.3.3. Facteurs de variation de la qualité de la viande	57
3. CONDITIONS EXPERIMENTALES	64
3.1. L'ENVIRONNEMENT EXPERIMENTAL	64
3.1.1. Le domaine Gardel de Plateforme Tropicale d'Expérimentations Animales (PTEA)	64
3.1.2. Les données climatiques, saisons, pluviosité moyenne	64
3.2. LA CONDUITE D'ELEVAGE EXPERIMENTAL.....	65
3.2.2. La conduite alimentaire	65
3.2.3. Les soins vétérinaires.....	65
3.3. LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX.....	66
3.3.1. Mesures en élevage.....	66
3.3.2. Mesures à l'abattoir	67
3.3.3. Mesures au laboratoire	69

Tables des matières

4. ETUDE EXPERIMENTALE 1	72
4.1. INTRODUCTION A L'ETUDE EXPERIMENTALE 1.....	72
4.2. PUBLICATION N°1: Principaux facteurs de variation des performances d'engraissement du caprin Créo...le	74
4.3. PUBLICATION N°2: Variations des descripteurs de la conformation de carcasse des caprins Créo...le de Guadeloupe	85
4.4. PUBLICATION N°3: Effets des niveaux d'alimentation et de l'âge d'abattage sur les performances de croissance, les caractéristiques de carcasses et la qualité de la viande des caprins Créo...le de Guadeloupe.....	94
4.5. PUBLICATION N°4: Effets des niveaux d'alimentation et du poids d'abattage : performances de croissance, qualités de carcasse et de la viande.....	123
5. ETUDE EXPERIMENTALE 2.....	153
5.1 INTRODUCTION A L'ETUDE EXPERIMENTALE 2	153
5.2. PUBLICATION N°5: Performances animales durant la croissance et caractéristiques des carcasses des caprins Créo...les élevés sous différents niveaux d'alimentation	155
5.3 PUBLICATION N°6: Qualité de viande des caprins Créo...les élevés sous différents niveaux d'alimentation	169
6. DISCUSSION GENERALE	196
6.1. LES PRINCIPAUX ACQUIS	196
6.1.1. La conduite des expérimentations.....	196
6.1.2. Les paramètres de qualité et leurs variations	199
6.1.3. Quoi de neuf dans la zootechnie du caprin Créo...le ?	205
6.2. LES PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS	207
6.2.1. Les perspectives de recherche.....	208
7. CONCLUSION	215
8. REFERENCES PAR ORDRE ALPHABETIQUE	218

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURES

Figure 1 : Répartitions des caprins dans le Monde.....	27
Figure 2 : Production et importation de viande en Guadeloupe en 2005 et 2006.....	27
Figure 3 : Tableau des caractéristiques des fibres musculaires.....	44
Figure 4 : Valeurs nutritives de quelques viandes sur 100 g.....	45
Figure 5 : Relation entre la note de flaveur et la teneur en lipides intramusculaires totaux.....	52
Figure 6 : Lipolyse et biohydrogénéation des acides gras alimentaires par les bactéries du rumen.....	55
Figure 7 : Evolution moyenne du pH chez le caprin Créole.....	196

TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison de la race créole avec d'autres races.....	29
Tableau 2 : Les sites de prélèvements musculaires et leurs destinations analytiques lors des expérimentations.....	68

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

ADF: Acid Detergent Fiber

ADG: Average Daily Gain

ADL: Acid Detergent Lignin

AGMI: Acides Gras Mono-Insaturés

AFSSA: Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AFNOR: Association Française de Normalisation

AG: Acide Gras

AGPI: Acide Gras PolyInsaturé

AGS: Acide Gras Saturé

AMIV: Association Martiniquaise Interprofessionnelle de Viande

AOAC: Association of Official Agricultural Chemists

ATP: Adenosine Tri-Phosphate

BPM: Biochimie et Protéines Musculaires

CC: Carcasse Chaude

CEE: Communauté Economique Européenne

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage

CF: Carcasse Froide

CLA: Conjugated Linoleic Acid ou Acide Linoléique conjugué

CP: Crude Protein

CIV: Centre d'Information des Viandes

DFA: Département Français d'Amérique

DFD: Dark, Firm and Dry

DOM: Département d'Outre Mer

DM: Dry Matter

DMI: Dry Matter Intak

EBW: Empty-Body Weight

EE: Ether Extract

EM: Energie Métabolisable

ESFA: Even Straight-chain saturated Fatty Acid

FA: Fatty Acid

FAO: Food and Agriculture Organization

FCR: Feed Conversion Ratio

Listes des abréviations

FEOGA: Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole

GI: Gastro Intestinal

GLC: Gas liquid Chromatograph

GLM: General Linear Model

GMQ: Gain Moyen Quotidien

GP: Glycolytic Potential

IGUAVIE: Interprofession Guadeloupéenne de la Viande et de l'Elevage

IM: InterMuscular

INRA: Institut National de Recherches Agronomiques

INTERBEV: Association Nationale Interprofessionnelle du Bétail et des Viandes

ITOVIC: Institut Technique Ovin et Caprin

L: Indice de Luminosité

LD: *Longissimus Dorsi*

LDL: Low Density Lipoprotein

LW: Live Weight

MS: Matière Sèche

muEP: Muscle Epaule

MUFA: Monounsaturated Fatty Acid

NDF: Neutral Detergent Fiber

Odd FA: odd-numbered Fatty Acid

ODEADOM: Office de Développement de l'Economie Agricole des DOM

OFIVAL: Office National Interprofessionnel des Viandes, de l'Elevage et de l'Aviculture

PDIN: Protéine Digestible dans l'Intestin

pH: Potentiel Hydrogène

pHu: Potentiel Hydrogène Ultime

PG: potentiel Glycolytique

PRE: Pouvoir de Rétention d'Eau

PR: Peri-Rénal

PUFA: Poly Unsaturated Fatty Acid

PV: Poids Vif

PVV: Poids Vif Vide

PTEA: Plateforme Tropicale d'Expérimentations Animales

QuaPa: Qualité des Produits Animaux

RM: *Rectus Medialis*

Listes des abréviations

SE: Supra Epineux

SFA: Saturated Fatty Acid

SM: Semi-Membraneux

SPIR: Prédiction par spectrométrie Proche Infra-Rouge

ST: Semi-Tendineux

TB: *Triceps Brachial*

UFL: Unité Fourragère Laitière

UMR: Unité Mixte de Recherches

UPRA: Unité nationale de Promotion et de sélection de la RAce

URZ: Unité de Recherches Zootechniques, UR 143 INRA

USDA: Agricultural Research Service Nutrient Data Laboratory

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1. INTRODUCTION GENERALE

Les sociétés et les territoires sont traversés par de graves crises qui se manifestent de par le monde: changements climatiques, crises énergétiques (flambée du prix du pétrole), croissance démographique, accentuation de l'inégalité d'accès aux ressources naturelles, explosion du phénomène urbain et désertification des campagnes.

La crise alimentaire (FAO, 2006) et les émeutes de la faim qui ont secoué la planète ces dernières années, sont des témoignages d'une forte demande alimentaire et d'un besoin de rééquilibrage de l'activité économique sur la planète. Les concepts tels que l'autonomie alimentaire, la souveraineté alimentaire refont surface à la fois dans des régions dites développées et dans les pays en voie de développement. Si l'on prend le cas de la Guadeloupe, son autonomie alimentaire se dégrade avec une dépendance accrue vis-à-vis des produits importés, depuis sa départementalisation (en 1946), qui a transformé cette société de production en société de consommation, avec une réduction entre autres des activités agricoles. Pour exemple en 2007, la production animale représentait 18 % de la production agricole guadeloupéenne (Agreste, 2009), dénotant ainsi que l'autosuffisance est encore loin. Les prévisions de la FAO indiquent que la demande devrait encore augmenter au cours des prochaines années du fait de l'évolution démographique (FAO, 2006). Cette demande concerne l'ensemble des denrées alimentaires, dont les protéines animales. Parallèlement à l'augmentation de la demande, des contraintes environnementales, la crise énergétique, la nécessité que le secteur agricole contribue à la réduction de l'accumulation des gaz à effet de serre, imposent une révision des modes de production (Seguin, 2002).

L'actualité mondiale plaide pour une augmentation de l'offre en produits agricoles et pour un rapprochement entre les sites de production et les sites de consommation; et ceci singulièrement en élevage (World Bank, 2009). L'augmentation de l'offre en protéines animales passe par un développement équilibré entre les différentes espèces animales (monogastriques *versus* ruminants) qui ne valorisent pas les mêmes ressources (Lindberg and Gonda, 1997). Les ruminants qui transforment des biomasses végétales peu concurrentes des aliments consommés par les hommes et occupent des espaces singuliers, peuvent contribuer à l'offre en produits animaux. Les ressources végétales potentiellement utilisables par les ruminants couvrent une gamme très large allant de la végétation naturelle herbacée et arbustive, aux coproduits de la production végétale et de l'agro-industrie, en passant par les

pâturages artificiels (Morand-Fehr, 2005; Ben Salem et al., 2008). La production de petits ruminants reste une bonne alternative vers une production économique et écologique, notamment du fait de leur mode de production généralement traditionnel (Mourad et al., 2001; Boyazoglu et al., 2005). Le caprin serait l'animal le mieux adapté pour valoriser des ressources fourragères de faible valeur nutritionnelle et des ressources tels que les parcours de type arbustif ou les coproduits agricoles (Ramirez, 1999; Moore et al., 2002).

Le rapprochement des sites de production de ceux de consommation, et la prise en compte des nouvelles contraintes environnementales, impliquent une bonne adéquation entre les ressources et le milieu d'élevage (Peacock, 1996; El Aich and Waterhouse, 1999). Cela plaide pour la valorisation des ressources végétales et animales locales adaptées à ce milieu d'élevage. Dans le contexte guadeloupéen, le caprin Créolette présente de nombreux atouts. C'est une race très productive du fait de ses qualités maternelles et de reproduction (Alexandre et al., 1999). Elle est « adaptée » au contexte sanitaire (résistance au parasitisme gastro-intestinal; Mandonnet et al., 1997). Cependant, malgré ses qualités, la concurrence de races exotiques se développe au point de mettre en péril la race créole. Il y a de nombreuses explications à cette apparente contradiction, dont l'insuffisance de référentiels scientifiques et techniques sur les atouts du créole. Dans le contexte économique et socioculturel actuel, certains critères de performances zootechniques classiques tels que le poids carcasse et la vitesse de croissance, donnent un avantage commercial et voire même psychologique aux races exotiques. La vitesse de croissance du caprin Créolette est jugée trop faible par de nombreux professionnels (Alexandre et al., 2008) et sa carcasse reste de trop petit format.

Cependant, dans notre région, la multifonctionnalité du caprin (gestion de l'espace, production de matière organique, trésorerie, coproduits pour l'artisanat) reste un atout notamment sur les petites exploitations. Enfin, il existe un marché rémunérateur et en croissance pour cette filière, du fait de la forte connotation ethnique du cabri, qui génère une réelle valeur ajoutée aux éleveurs (Alexandre et al., 2008).

Malgré sa rusticité affirmée et son fort ancrage traditionnel, la viande du caprin Créolette n'a été que peu étudiée du point de vue scientifique. Pourtant, la viande caprine n'est pas dénuée d'intérêt. Elle couvre les besoins nutritionnels en acides aminés du consommateur adulte, tout comme les autres viandes. De plus, tous les acides aminés y sont représentés notamment les acides aminés essentiels (Webb et al., 2005). C'est une excellente source de fer héminique (Casey et al., 2003) avec en moyenne 2,1 mg/g dans la viande de chèvre, ce qui par rapport au bœuf (2,7 mg/g) et au mouton (1,7 mg/g) n'est pas sans intérêt.

La viande caprine est également une viande maigre comparée aux autres viandes rouges (Warmington and Kirton, 1990; Park et al., 1991). Ceci s'explique par le fait qu'une large proportion du gras total des carcasses de caprins se dépose au niveau des viscères (Kempster, 1981; Webb et al., 2005). Le profil d'acides gras de la viande de chèvre répond aux recommandations formulées en santé humaine. Les acides gras désirables, c'est à dire les C18:0 et tous les acides gras insaturés, représentent 61 à 80 % des acides gras de la viande caprine (Banskalieva et al., 2000; Wood et al., 2004). La consommation de viande caprine limite l'ingestion d'acides gras saturés qui provoquent des taux plus élevés de cholestérol dans le plasma et de LDL (Low Density Protein), augmentant ainsi le risque de maladies cardiovasculaires. La consommation d'acides gras polyinsaturés de la série n-3 (PUFA n-3) est inversement associée à ces maladies (Grundy, 1987).

Le projet de thèse s'inscrit dans une logique de recherche finalisée. Il repose sur le bilan de l'analyse de la filière caprine et les attentes et griefs des professionnels vis-à-vis du caprin créole. Dans notre démarche, il faut cependant garder à l'esprit que l'amélioration en termes de gain doit se faire tout en préservant l'authenticité du produit final (la viande) par son mode d'élevage (principalement le pâturage, Mahieu et al., 2008), ainsi que ses qualités gustatives et diététiques. Ainsi, comment accélérer la croissance et alourdir les carcasses à la suite d'utilisation d'aliments complémentaires tout en préservant la qualité ?

L'augmentation du poids des carcasses passe principalement par la conduite d'élevage. Les résultats de nombreuses études confirment l'influence de facteurs individuels tels que l'âge et le poids (Fehr et al., 1976 ; Dhanda et al., 1999a; Cameron et al., 2001a), ou encore le régime alimentaire (Oman et al., 1999; Bas et al., 2005; Maghoub et al., 2005). Quant aux propriétés organoleptiques de la viande, elles sont souvent influencées par les propriétés physiques et chimiques du gras, fortement liées à l'alimentation. Pour exemple, des animaux (bœuf, mouton, porc) recevant dans leur ration des aliments riches en acides gras de la famille n-3 ou en acide linoléique voient augmenter leurs CLA intramusculaires (Raes et al., 2004).

Les objectifs de la thèse sont à la fois d'apporter des connaissances sur le potentiel boucher et les qualités de la viande du cabri Créo; de déterminer les principales conditions d'élevage et d'abattage qui influencent ces paramètres et plus particulièrement de comprendre les effets du système d'alimentation. A terme, les acquis de la recherche donneront des éléments de comparaison par rapport aux autres races et fourniront des pistes en vue d'une démarche commerciale spécifique pouvant éventuellement aboutir à un produit labellisé.

Ainsi, ce document constitue une synthèse des travaux réalisés de 2006 à 2008 sur les qualités des carcasses et des viandes de caprins Créoles soumis à différentes conditions d'alimentation et d'abattage. Il existe peu de données de croissance post-sevrage, et de caractéristiques de carcasses des caprins Créoles, aussi, une étape préliminaire a consisté à décrire les variables et variations principales (publications 1 et 2).

D'autre part, la thèse est axée pour l'essentiel, sur la mise en évidence d'un effet de la ration alimentaire sur les performances de croissance, les caractéristiques des carcasses et des viandes du cabri Créo. Dans un premier temps, les expérimentations ont porté sur l'étude de l'effet de l'âge de l'animal (publication 3) et du poids d'abattage (publication 4), sur les qualités des carcasses et de la viande d'animaux conduits selon deux niveaux alimentaires très contrastés. L'objectif était de rechercher un optimum zootechnique en conditions commerciales d'élevage et d'abattage. Dans un second temps, nous avons étudié l'effet d'un gradient de rations (fourragère et mixte) sur les mêmes variables sus citées (publications 4 et 5). Les rations ont été choisies d'une part pour simuler des contextes variés (lois de réponse), et d'autre part pour représenter la diversité des élevages. En ce qui concerne la qualité des viandes, nous nous sommes focalisés sur les teneurs et la qualité des acides gras (approche diététique).

Le début de ce document est consacré à la description des critères de qualités des carcasses et de viande chez les ruminants, décrits dans la littérature. En effet, le critère de qualité est de nature plurielle, et il convient d'établir l'état des connaissances principales sur ses différentes composantes. Par la suite, le document s'appuie sur un panorama de résultats expérimentaux sous la forme de publications scientifiques, traitant essentiellement des performances en engrangissement (ingestion et croissance), de composition et de qualités des produits. Le dernier chapitre est une discussion générale des résultats qui donne des pistes de stratégies d'élevage pour l'élevage caprin antillais, ainsi que des propositions de nouvelles questions de recherche.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. LA PRODUCTION DE VIANDE ET LE CAPRIN CREOLE

Cette section du document se décompose en 3 grandes parties : la première partie traitera du caprin Créo et de la filière caprine en général. La deuxième partie sera consacrée à la qualité des carcasses et ses facteurs de variation. Enfin, la troisième partie précisera les critères de la qualité dans la filière de la viande.

2.1.1. La filière de la viande caprine : dans le monde et en Guadeloupe

2.1.1.1. La filière caprine dans le monde : l'Asie domine la planète caprine

La FAO estime le cheptel caprin mondial à 837 millions de têtes en 2006. Il se serait accru d'environ 10 millions de têtes par rapport à 2005 et la hausse aurait été de 16 % avec 110 millions supplémentaires de têtes depuis 2000 (Figure 1). Soixante-quatre pour cent du cheptel mondial se trouve en Asie. La Chine et l'Inde en détiennent 40 % (24 et 15 %, respectivement). En Chine, la production caprine est principalement orientée vers la production de viande avec près de 5 millions de tonnes qui représenterait 44 % de la production mondiale (FAO, 2006).

Selon la FAO, l'Afrique est le deuxième continent producteur de caprins avec près de 30% du cheptel mondial, soit 243 millions de têtes. Le troupeau caprin s'y développe mais la progression est moins rapide qu'en Asie, elle est seulement de 14 % depuis 2000. Les Amériques ne comptent que 5 % du cheptel mondial et l'Europe que 2 %, soit 18 millions de têtes dont 1,3 millions de têtes pour la France. L'Europe a produit 18 % de lait et 3 % de viande en 2006. Le troupeau océanien est plus réduit (FAO, 2006).

2.1.1.2. Economie de la filière caprine guadeloupéenne

En Guadeloupe, la population caprine créole est exploitée pour sa viande et regroupait 22 850 têtes en 2007 (Agreste, 2009), soit une diminution de 19 % par rapport à l'année 2006. Les systèmes d'élevage sont très diversifiés car ils sont souvent associés à d'autres productions

animales et agricoles et sont bien souvent un complément de revenus dans le cas d'exploitations familiales. De plus, la filière caprine est éclatée entre un secteur professionnel très réduit et un secteur informel majoritaire sur tout le territoire et localisé au sein de petites unités agricoles (Alexandre et al., 2008a). D'un point de vue économique, la production en viande fraîche en Guadeloupe, est assez minime : le nombre total d'animaux abattus en 2006 n'est que de 18900 têtes de bétail ce qui correspond un tonnage total de 2500 (Dubuc, 2007).

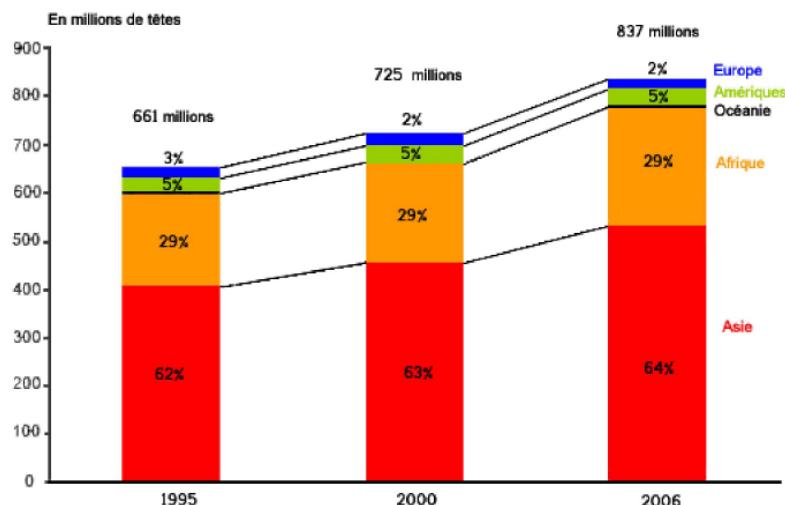


Figure 1 : Répartitions des caprins dans le monde d'après FAO.

Sources: <http://faostat.fao.org/site/569/default.aspx>, GEB-Institut de l'élevage, Dossier Economie de l'élevage n°376b, mars 2008.

De plus, l'activité liée aux abattages contrôlés reste très réduite (Figure 2).

	En tonne	
	2006	2005
Bovins		
Abattages contrôlés	1 740	1 772
Importations totales	3 725	3 772
dont Viandes fraîches	1 291	1 271
Porcins		
Abattages contrôlés	732	745
Importations totales	2 432	2 340
dont Viandes fraîches	45	16
Caprins et ovins		
Abattages contrôlés	6	4
Importations totales	1 709	1 710
dont Viandes fraîches	64	69
Poulets - Coqs		
Abattages totaux (estimés)	1 223	1 396
Importations totales	10 473	9 667
dont Viandes fraîches	236	179

Figure 2 : Production et importation de viande en Guadeloupe en 2005 et 2006. Sources : DAF, DSV, Douane. http://www.insee.fr/fr/insee_regions/guadeloupe/publi/AES69ga_art08.html

Face à ces chiffres, l'importation des viandes paraît évidente: en 2006, la Guadeloupe a importé un volume total de viande et abats (toutes espèces et catégories confondues) de plus de 18000 tonnes. Toutefois, depuis la création récente d'une coopérative caprine & ovine, l'interprofession de la viande a constaté une progression de 47 % entre 2007 et 2008 (chiffres fournis par l'IGUAVIE en 2009). Le taux de couverture (rapport production/consommation en viande fraîche) a nettement progressé mais reste en deçà de 20 %. Les importations occupent une place importante dans l'approvisionnement du marché local (Figure 2), provenant plus particulièrement d'Australie et de Nouvelle-Zélande ou de caprins de réforme de l'industrie laitière et sont sous forme congelée (9 tonnes sur 10).

2.1.2. Le caprin Créo : origine, élevage et atouts

2.1.2.1. La population Créo

La population caprine Créo s'est constituée à partir d'importations de races diverses provenant d'Europe, d'Afrique et de l'Inde. Cette appellation de chèvre Créo est commune dans d'autres zones de la Caraïbe (Creole Goat) et d'Amérique Latine (Cabra Criolla). D'un point de vue génétique, la chèvre Créo est un génotype proche des races africaines (Naves et al., 2001). Son gabarit est moyen et son poids vif adulte est en moyenne de 28 kg pour la femelle et de 38 kg pour le mâle. En Guadeloupe, les systèmes d'élevage sont très diversifiés car ils sont souvent associés à d'autres productions animales et agricoles et sont bien souvent un complément de revenus dans le cas d'exploitations familiales (Alexandre et al., 2008a).

2.1.2.2. Une ressource biologique efficiente et un troupeau productif

Les caractéristiques physiologiques de la chèvre Créo sont des atouts dans une conduite intensive de la reproduction. Alexandre et al. (1997b) ont montré sur une période de 20 ans de travaux que les taux de fertilité et de prolificité sont en moyenne supérieurs à 90 % et 2,3 chevreaux par mise bas, respectivement. Le taux de mortalité pré-sevrage moyen atteint 22 % et est inférieur à celui généralement reporté en zone tropicale (environ 50 %; revue Alexandre et al., 1997b). Une chèvre créole produit en moyenne 20 kg de chevreaux sevrés par an grâce à son désaisonnement naturel qui lui permet trois mises bas tous les deux ans. Le niveau de production

et la composition du lait permettent d'assurer un bon départ en croissance des chevreaux. De ce fait, la reproduction aisée de cette race, associée à des taux de fertilité et de prolificité élevés ainsi qu'à de bonnes qualités maternelles, la classent parmi les meilleures chèvres de la zone tropicale (Tableau 1, Alexandre and Mandonnet, 2005). Pourtant, malgré cette forte productivité, les effectifs de race Créolet restent menacés pour les raisons citées précédemment.

Race	Localisation	Poids adulte (kg)	Productivité Numérique*	Productivité Viande**
Boer	Afrique du Sud	40	1,11	488
Kambing	Asie du Sud-Est	25	1,49	499
Naine	Afrique de l'Ouest	20	2,01	707
Anglo-Nubien	Caraïbe	35	1,52	458
Créolet	Guadeloupe	28	2,67	755

Tableau 1: Comparaison de la race creole avec d'autres races (Alexandre et Mandonnet, 2005).

* Chevreaux sevrés/femelle/an ; ** kg carcasse /ha/an

2.1.2.3. Un animal adapté aux contraintes majeures de l'élevage tropical

Le caprin Créolet a une grande souplesse d'adaptation à des conditions extrêmes qui sont à la fois climatiques, alimentaires et pathologiques. En effet, les disponibilités en aliments sous les tropiques sont très variables en quantité et en qualité (Archimède et al., 2000) et la pression parasitaire est forte (Mandonnet et al., 1997). La chèvre Créolet s'adapte bien en valorisant fourrages, feuillages et aliments grossiers et en résistant aux parasites internes et externes. Le Créolet présenterait donc cette faculté qu'ont les animaux rustiques à faire face à un environnement hostile (Alexandre and Mandonnet, 2005), en ajustant leur comportement et leur métabolisme, pour maintenir leur bien-être et garantir leur survie et celle de leur descendance. Cette rusticité est sans doute due à des combinaisons de gènes leur conférant une meilleure adaptation (Mandonnet et al., 2001).

2.1.2.4. Une variabilité génétique disponible pour la sélection

Certaines évaluations des paramètres génétiques (qualités maternelles, croissance des jeunes, résistance au parasitisme) se révèlent être originales dans l'espèce caprine du fait de la rareté même des travaux en la matière (FAO, 2007; Shresta and Fahmy, 2007). Les travaux de Mandonnet et al. (2001, 2006) sur la résistance génétique des Créoless aux strongles ont montré que les heritabilités calculées étaient dans la gamme moyenne des référentiels des ovins viande: 0.14 pour la taille de portée, 0.17 pour le poids à 30j, et 0.21 pour le critère de résistance (œufs/gramme de fèces à 11 mois). Il apparaît donc possible de proposer une politique de sélection sur des critères à la fois d'élevage et de résistance aux parasites gastro-intestinaux (Alexandre and Mandonnet, 2005). Cet optimum génétique, d'abord réalisé dans le troupeau expérimental de l'INRA, pourra ensuite être suivi d'un programme de sélection collectif (Jacquot, 2008) qui permettrait de conserver des ressources génétiques intéressantes pour la pérennisation de la race Créoless en zone tropicale. Ces actions entrent dans le cadre d'un plan de sauvegarde de la chèvre Créoless de Guadeloupe puisque ses effectifs sont en déclin (Jacquot, 2008) et les croisements anarchiques réalisés avec des races de plus grand format menacent la race comme c'est déjà le cas en Martinique (Alexandre et al., 2009).

2.1.2.5. Un potentiel boucher peu étudié

Dans les systèmes les plus répandus, les chevreaux sont élevés au pâturage (Alexandre et al., 1997a) où ils subissent l'action directe du climat, et les effets croisés des facteurs alimentaires et des contraintes parasitaires. Ces conditions sont limitantes pour atteindre des performances élevées, bien que des niveaux de productivité élevés aient été reportés pour le troupeau allaitant de Créoless (Mahieu et al., 2008) et soient apparus supérieurs aux autres races tropicales (revues par Alexandre et Mandonnet, 2005). Pour la phase de croissance-engraissement, le système d'élevage au pâturage ne permet d'atteindre que 35 g/j qui est bien en deçà de résultats déjà observés (85 g/j) avec des rations complémentées (Alexandre and Mandonnet, 2005). Ces critères laissent présager une bonne place à défendre dans la filière viande.

Forts de ces acquis et soucieux de décrire le potentiel de ces animaux afin d'intégrer des caractères bouchers dans les actions de sélection en cours ou de proposer de nouveaux systèmes d'élevage, les études sur la production de viande des caprins Créoless doivent dépasser la détermination des performances de croissance après sevrage. Les critères de qualités de carcasses

et de viande doivent être pris en compte et il convient donc de mieux les appréhender. La viande de caprins est connue essentiellement sous deux formes, celle de chevreaux de lait (ou capretto) obtenu souvent comme sous-produits de filières laitières ou comme niche de consommation typique (Teixeira et al., 1995; Marichal et al., 2003) et la viande rouge de chevreaux plus âgés (chevon) très répandue dans de nombreux pays tropicaux ou très appréciée comme produit de consommation ethnique dans certaines régions tempérées (Alexandre et al., 2008a; Dhanda et al., 2003a; Simela and Merkel, 2008).

Avant de réaliser une revue de la littérature sur les paramètres de qualités de carcasse (partie 2 de la bibliographie) et de viande (partie 3 de la bibliographie), il est apparu important de faire le point des définitions et descriptions des phénomènes en jeu, sur la base d'une revue des travaux sur ruminants produisant de la viande rouge.

2.1.3. Les concepts de qualités pour la production de viande

La croissance pondérale d'un animal résulte du développement en poids de chacun des éléments constitutifs de son corps au cours du temps. La composition corporelle de l'animal reflète la part relative de chacun de ces éléments (Sellier et al., 1992). Ainsi, la composition anatomique correspond à la part des différents tissus de la masse corporelle (muscles, dépôts adipeux, os) et des éléments du cinquième quartier (organes, peau, tractus digestif). La composition chimique exprime l'importance relative des différents éléments chimiques (eau, protéines, lipides, minéraux) contenus dans l'ensemble des tissus (Fraysse and Darré, 1990). La composition corporelle de l'animal se modifie selon le développement différentiel de chacun des éléments. Une des évolutions les mieux connues est celle liée à l'âge et au poids des animaux (Sellier et al., 1992). Les différents types d'animaux (génotype, sexe...) conduisent à des compositions différentes. Des facteurs d'élevage (systèmes de production, courbes de croissance, vitesses de croissance retenues, niveau d'alimentation, facteurs de croissance...) permettent de modifier le développement des tissus. Les lois similaires pour tout animal en croissance s'applique aux caprins et ne vont pas être détaillées dans ce document. Dès les 1^{er} travaux de Morand-Fehr et al. (1982), différentes formes de courbe de croissance des caprins ont été décrites et principalement en fonction de modes d'alimentation, des sexes, âges d'abattage (types de produits). Récemment Tsukahara et al. (2008) ont proposé une modélisation des courbes de croissance des caprins élevés en zone tropicale en fonction des génotypes et modes d'élevage.

2.1.3.1. Quelques définitions

Le terme de carcasse est défini comme le produit résultant de toute la procédure (détailée ci-après) de l'abattage. Un chapitre sera alloué à la description des principaux phénomènes permettant de passer de l'animal vivant au produit final. Quand on parle de qualité à propos d'une carcasse on pense généralement à sa valeur sur le marché (Bonneau et al., 1996); la classification des carcasses sera donc abordée dans cette partie. Cette carcasse renferme une quantité variable de viandes consommables. Entre la carcasse et la viande se situe le morceau forme sous laquelle le consommateur achète la viande. La répartition anatomique, les poids et rendements des morceaux sont des paramètres de qualité de la carcasse. La composition tissulaire de la carcasse est importante à considérer en raison de la grande variation qu'elle présente et de ses conséquences sur la valeur bouchère (Fraysse and Darré, 1990). La qualité de la carcasse dépend surtout des proportions relatives de muscles et de dépôts adipeux qu'elle contient, l'objectif étant de maximiser la part de muscles et de limiter au minimum le tissu adipeux (Sellier et al., 1992). La production des races à viande, par différentes approches (génétique, mode de conduite, alimentation) cherche à atteindre cet objectif au moyen du contrôle biologique et zootechnique des différents systèmes de production. La production de viande caprine n'échappe pas à cette règle avec les multiples évaluations des qualités des carcasses (Colomer-Rocher et al., 1987; Prasad and Kirton, 1992) et celles de viande (Banskalieva et al., 2000; Webb et al., 2005). Dans son sens le plus commun la viande est la chair musculaire qui contient non seulement des muscles, mais certaines quantités de graisses de couverture ou intermusculaires. Dans ces conditions, l'étude de la qualité de la viande conduit à s'intéresser non seulement aux caractéristiques de la musculature (pH, perte en eau, apport azotés, couleur, flaveur, tendreté) mais aussi à certains caractères des tissus adipeux (apports d'acides gras, flaveur, conservation, couleur). La partie 3 de l'étude bibliographique sera consacrée aux différents paramètres des qualités de la viande. Sous le terme général de qualité de la viande, on regroupe un ensemble de caractéristiques très diverses (Fraysse and Darré, 1990) et dont le déterminisme est souvent complexe : les qualités hygiéniques (ou bactériologiques), les qualités nutritionnelles, les qualités sensorielles (ou organoleptiques), les qualités technologiques. Les qualités technologiques et sensorielles sont, sur bien des points, liées entre elles (Ouali, 1991) dans la mesure où elles sont influencées par des caractères communs (pH et pouvoir de rétention d'eau notamment); les qualités sensorielles ont une importance prédominante dans le cas des viandes qui sont

consommées en l'état (Geay et al., 2002) et peu transformées. C'est le cas de la viande de caprins dans la filière antillaise.

Dès lors, faire le point des connaissances sur les critères de qualité de carcasse et de viande demande de passer en revue une série de variables différentes et d'étudier leurs facteurs de variation.

2.1.3.2. La qualité dans la filière viande

La qualité est une notion extrêmement variable et évolutive, à l'image de la transformation de l'animal vivant en carcasse puis en viande. A cela s'ajoutent les attentes de chaque maillon de la filière, qui possède sa propre conception de la qualité en fonction du produit et des contraintes auxquelles il est soumis (Fraysse and Daré, 1990).

Pour le producteur, ce qui importe ce sont essentiellement des caractéristiques liées à l'animal vivant, par exemple la vitesse de croissance et l'indice de consommation des animaux, mais aussi des caractéristiques liées à la carcasse comme le poids, l'état d'engraissement et la conformation, et enfin les facteurs de la grille de paiement lorsqu'il en existe une. L'abatteur s'intéresse aux mêmes caractéristiques de carcasse et parfois à la couleur de la viande et/ou du gras de la carcasse car ces critères interviennent dans le tri des carcasses selon les destinations commerciales dans le cas des ovins-bovins essentiellement. Se pose alors la question de la nature plurielle de la qualité de la viande et du bien fondé de la standardisation de la carcasse. L'approche du transformateur est avant tout basée sur la quantité et la qualité de viande commercialisable. L'aptitude à la transformation et à la conservation est aussi prise en compte. Le distributeur prend en compte les mêmes éléments que le transformateur. Il est aussi très sensible aux qualités de présentation, dont tout spécialement la couleur de la viande. Le jugement du consommateur porte sur le produit final: le morceau de viande ou une pièce de boucherie. Ses attentes qualitatives sont multiples et l'image véhiculée par la viande est fondamentale à ce stade (Geay et al., 2002). Avant même d'envisager l'achat, le consommateur souhaite disposer de garanties quant à l'origine du produit, son innocuité ou le type d'alimentation des animaux. Lors de l'achat, le consommateur est surtout sensible à l'impression de fraîcheur qui transparaît au travers de la couleur de la viande, de son odeur, de la quantité d'exsudat, de la couleur du gras. Le dernier jugement porte sur la consommation du produit: flaveur (ou goût en langage courant) et caractéristiques perçues en bouche jutosité et tendreté (très important pour la viande bovine).

2.1.3.3. La viande, un produit vivant, difficile à standardiser

Chaque maillon de la filière ayant défini «ses» critères de qualité, il n'est pas forcément facile d'améliorer conjointement tous les paramètres de qualité. Des choix doivent être faits, sur la base d'une connaissance précise des attentes et préférences des consommateurs cibles. La valorisation commerciale des productions de viande est sous la double dépendance de critères quantitatifs (poids) et de critères qualitatifs liés à la composition de la carcasse et aux caractéristiques des muscles. Aussi, les facteurs de variation des critères de qualité sont très nombreux (Bonneau et al., 1996; Geay et al., 2002): liés à la nature du muscle et aux caractéristiques de l'animal (facteurs biologiques), aux conditions d'élevage (facteurs zootechniques), aux conditions de transport et d'abattage des animaux, de travail et de conservation des viandes (facteurs technologiques), aux conditions de préparation et de cuisson des viandes (facteurs culinaires). L'influence de tous ces facteurs gagne à être bien connue, afin d'aboutir à des techniques d'amélioration. Par ailleurs, il subsiste souvent une très grande variabilité animale qui vient du fait que la viande est un produit vivant, difficile à standardiser.

2.2. LA QUALITE DE LA CARCASSE

2.2.1. De l'animal vivant au produit fini

L'abattage est la première étape vers la transformation du ruminant en produits carnés. Depuis leur arrivée à l'abattoir jusqu'au stockage de leur carcasse en chambre froide, les animaux suivent une chaîne d'opérations détaillées ci-après.

L'abattage le plus courant se fait par étourdissement à l'aide d'un pistolet à balle captive pour les ruminants (Décret n°80-791 du 1 octobre 1980). La saignée s'effectue rapidement par section des jugulaires et de la carotide. Puis la tête est retirée par section au niveau de la jonction atlas-axis. La section des membres avant se fait au niveau de la jonction tarso-métatarsienne et de la jonction carpo-métacarpienne pour les membres arrière. Puis se suivent les étapes de dépeçage et d'éviscération. Lors du dépeçage il faut impérativement éviter les incisions dans le muscle, sous peine de voir la qualité commerciale de la carcasse fortement dépréciée. L'éviscération consiste à retirer les viscères thoraciques (éviscération rouge) ainsi que les viscères abdominaux (éviscération blanche). On obtient alors la carcasse dite commerciale.

La carcasse est ensuite pesée et transférée en chambre froide ventilée pour son ressuyage qui dure au minimum 48 h pour les carcasses de petits ruminants. Les conditions de stockage y sont contrôlées : température = + 2 à + 4°C, humidité = 80 %, vitesse de l'air = 0.2 à 0.4 m/s, (Soltner, 1987). La réfrigération doit être suffisamment rapide pour permettre de contrer les développements bactériens, pour limiter les pertes de masse et pour ralentir les altérations biochimiques par exemple les oxydations. Toutefois, elle ne doit pas être trop intense pour éviter les effets négatifs sur la tendreté de la viande (Soltner, 1987), comme nous allons le détailler dans la partie 3.

Après le ressuyage, les carcasses sont classées à l'aide d'une grille de notation. On utilise des grilles de notations qui permettent de classifier les carcasses en fonction de leur conformation et de leur état d'engraissement. Puis les carcasses sont transférées en atelier de découpe. La découpe standardisée de carcasses de chevreaux proposée par Colomer-Rocher et al., (1987) définit cinq morceaux ou régions anatomiques de haute à faible valeur bouchère : épaule, gigot et selle, côtes, poitrine, collier. L'objectif d'une découpe normalisée est principalement de permettre d'établir la proportion des morceaux de haute, moyenne et plus faible valeur bouchère, et de comparer sur cet aspect, des carcasses d'animaux de poids et de génotype différents notamment pour des carcasses d'agneaux et de chevreaux.

2.2.2. Le poids de carcasse

La réglementation (décret n° 94-808 du 12 septembre 1994) impose que les carcasses soient pesées à chaud dans l'heure suivant l'étourdissement de l'animal. Le poids des carcasses intéresse l'éleveur puisqu'il sert de base au paiement des animaux. Ce critère fait l'objet d'une grande variabilité. Certaines caractéristiques propres aux animaux comme la race, le sexe ou l'âge interviennent sur le poids de carcasse.

2.2.2.1. Facteurs de variation du poids des carcasses

a. Les pertes de poids vif avant l'abattage

Bien qu'en théorie, les pertes de poids vif n'induisent *a priori* pas de variations du poids de carcasse, cependant, très peu de travaux se sont attachés à quantifier l'ampleur de ce phénomène.

Il convient de retenir que le transport des animaux et l'attente en bouverie s'accompagnent d'une perte de poids des animaux vivants (Fraysse and Darré, 1990) qui touchent surtout le contenu digestif de l'animal (perte de fèces et d'urine), qui lui-même, d'un point de vue pondéral, est lié au type d'aliment que reçoit l'animal.

b. Les pertes de poids pendant la réfrigération et le stockage

La carcasse, débarrassée du cuir, perd de l'eau et donc du poids. On estime que la perte de poids lors du ressuyage est de l'ordre de 2 %. L'intensité de l'évaporation dépend de la disponibilité en eau et de la chaleur à la surface de la carcasse. La déshydratation est localisée dans les couches superficielles de la carcasse. Il est donc possible de moduler l'évaporation et les pertes de masse en agissant sur les conditions de réfrigération (Ouali, 1991). Toutefois, sans précaution particulière, ces conditions peuvent provoquer une contraction irréversible de la carcasse et pénaliser la tendreté de la viande (Soltner, 1987).

c. Rôle prédominant de la race, du sexe, de l'âge, et de la conduite

Le génotype intervient sur le poids de carcasse, les races à viande sélectionnées pour leur aptitude bouchère ont un poids de carcasse plus lourde que les races laitières. De même que, les races de grande taille telles que le Boer et la Saanen ont des poids de carcasses plus élevées comparées à d'autres races de gabarit moyen (Dhanda et al., 1999a). Dans le même ordre d'idée, les animaux issus de croisements à partir de génotype à viande, affichent de meilleurs poids vif, poids de carcasse et notes de conformation que des génotypes rustiques (Oman et al., 1999).

De façon évidente, l'âge influe sur le poids de carcasse. Chez les animaux en croissance, quelle que soit la race et à mode de conduite égal, la prise de poids vif se traduit par un poids à l'abattage plus élevé et conséutivement du poids de carcasse (Morand-Fehr et al., 1982; Prasad and Kirton, 1992). Toutefois, en raison de la forme sinusoïdale de la courbe de poids (récemment modélisée par Tsukahara et al., 2008), dès que le stade adulte est atteint, l'âge influence moins le poids, il baisse d'abord de façon modérée puis de manière plus prononcée. C'est ainsi qu'il convient de déterminer l'âge/poids optimum d'abattage en rapport non seulement avec les conditions d'élevage et du marché mais aussi avec la physiologie de l'animal. Un paramètre est alors utilisé celui du degré maturité (rapport du poids d'abattage sur le poids adulte) décrit par exemple chez les ovins (Prud'hon, 1976) qui permet de comparer des races caprines (Mahgoub and Lu, 1998) ou des caprins aux ovins (Santos et al., 2008).

Le type sexuel influe sur le poids depuis la naissance et cette disparité perdure jusqu'au poids de carcasse (Gallo et al., 1996; El Muola et al., 1999; Todaro et al., 2004). Aussi, la castration influence la carcasse (Koyuncu et al., 2007) ou la muscularité, Abdullah and Musallam, (2007) rapportent que des chevreaux entiers de race Jordan Black étaient plus musclés que les chevreaux castrés.

Des résultats d'essais d'alimentation de caprins démontrent qu'une alimentation haute en énergie améliore le gain de poids vif, l'efficacité de la ration ainsi que sa digestibilité tout en augmentant le poids de la carcasse (Haddad, 2005; Mahgoub et al., 2005). Les rations mixtes riches en énergie améliorent ces caractéristiques de carcasse, comparativement aux animaux alimentés à l'herbe seule (Oman et al., 1999; Mahgoub et al. , 2005; Hango et al., 2007; Ryan et al. 2007; Sanon et al., 2008).

2.2.3. Le classement des carcasses

Le classement des carcasses doit être réalisé, par souci d'un langage commun, selon des règles précises que stipule le règlement CEE n° 1183/2006 du 24/07/06. Son objectif est de disposer d'un système relativement fiable pour une gradation de la valeur commerciale des carcasses. Ainsi une grille communautaire définit les modalités de classement des carcasses sur la base de 2 critères: la conformation et l'état d'engraissement.

2.2.3.1. Le classement selon la conformation

La conformation décrit l'aspect extérieur de la carcasse pour tenter d'approcher l'importance relative des masses musculaires par rapport au squelette. Elle s'apprécie d'après les profils (rebondis, droits ou concaves) et les épaisseurs musculaires à différents niveaux (cuisse, région dorsale, épaule), en rapport avec la taille du squelette. Selon OFIVAL (2005), chez les ovins par exemple la classe E est la classe Excellente et correspond à des profils convexes à super convexes et à un développement musculaire exceptionnel. A l'inverse la classe P, qui correspond à des profils très concaves avec un développement musculaire réduit. Toutefois, l'utilisation de cette grille de classement communautaire est limitée à un poids de carcasse supérieur à 13 kg pour les ovins. Ainsi une grille de classement a été proposée pour des carcasses d'agneaux légers (Règlement CEE n° 2137/92 et n° 461/23). Les carcasses sont classées dans 3 catégories de poids (A: ≤ 7kg, B: 7.1 et 10 kg, C: 10.1 et 13 kg) et selon 2 critères par catégorie, évaluées d'après la

couleur de la viande et la classe d’engraissement. Il existe des appréciations plus objectives de la conformation observées pour les ovins notamment, tels que la longueur jarret périnée, le développement musculaire ou la muscularité, qui ont une bonne relation avec la note de conformation visuelle mais ne seraient pas des indicateurs du rendement musculaire (Laville et al., 2002). Chez les caprins, Colomer-Rocher et al. (1987) ont proposé une méthode standard qui devrait à terme permettre des comparaisons entre races, systèmes et régions.

2.2.3.2. Le classement de l'état d'engraissement

Au cours de la croissance de l'animal, la formation du tissu adipeux suit un ordre de développement: d'abord le gras interne qui se dépose dans la cavité abdominale, autour des reins et des replis du mésentère, puis le gras intermusculaire qui entoure les gros faisceaux musculaires et qui constitue le «marbré», suivi de gras de couverture qui s'amarre dans le tissu conjonctif sous-cutané, et enfin le gras intramusculaire qui s'accumule entre les fibres musculaires et qui constitue le «persillé» (Soltner, 1987).

L'état d'engraissement caractérise l'importance de la graisse à l'extérieur de la carcasse (gras de couverture) et sur la face interne de la cage thoracique (gras intercostal, grappé). Il se juge sur une échelle de 1 où il n'y a pratiquement pas de graisse en surface des carcasses et à l'intérieur de la cage thoracique à une échelle de 5 qui signifie que toute la carcasse est recouverte de graisse et à l'intérieur de la cage thoracique et que les muscles entre les côtes peuvent être infiltrés de graisse (OFIVAL, 2005).

2.2.3.3. Facteurs de variation du classement des carcasses

a. Pour la conformation

La conformation est un critère auquel les professionnels attachent de l'importance car ils estiment qu'il est assez bien lié au rendement en viande de la carcasse. En effet, les travaux scientifiques confirment l'existence d'une liaison entre la note de conformation de l'animal et ce rendement (Oman et al., 1999). La race apparaît être le premier facteur de variation de la conformation des carcasses, en accord avec le fait que les races à viande ont été sélectionnées sur leur aptitude à produire de la viande et notamment sur le développement des masses musculaires (Oman et al., 2000; Kadim et al., 2004). Par ailleurs, le sexe influence également le pourcentage de squelette avec des valeurs plus élevées chez les mâles que chez les femelles en relation avec un effet du

type sexuel sur la vitesse de croissance et donc le poids d'abattage (chez les bovins: Robelin, 1978)

b. Pour l'état d'engrassement

La quantité et la répartition des tissus adipeux, éléments importants de la qualité des carcasses dépendent du génotype, de l'âge et de l'alimentation de l'animal. D'une façon générale, chez les ovins (Thériez et al., 1976), quels que soient le génotype et l'aliment offert, plus un animal est lourd plus son gain de poids est riche en lipides. Il n'est pas aisés de faire la part des facteurs et de les hiérarchiser. Il convient donc de bien différencier les effets des facteurs alimentaires (quantité et qualité de l'énergie qui interfère avec l'apport azoté), des facteurs liés à la conduite d'élevage (durée d'engrassement) par exemple.

- *La conduite d'élevage (niveau énergétique de la ration et durée d'engrassement)*

Les animaux déposent d'autant plus de gras que les apports en énergie de la ration alimentaire sont élevés chez les ovins (Diaz et al., 2002; Priolo et al., 2002; Haddad et al., 2004) comme chez les caprins (Oman et al., 1999; Bas et al., 2005; Mahgoub et al., 2005). En revanche, une alimentation riche en huile de tournesol par exemple n'influence ni le taux de croissance, ni le gain journalier moyen, ni le poids de la carcasse mais a un effet notable sur le dépôt et la distribution de graisse intermusculaire dans la carcasse de chevreaux (Marinova et al., 2001). L'augmentation du poids vif d'abattage (6 vs. 25 kg de PV) n'a pas affecté dans les travaux de Marichal et al. (2003) la distribution de tissus dans la carcasse à l'exception de la graisse intermusculaire.

De plus, l'allongement de la période de finition augmente le risque de produire des carcasses trop grasses et s'explique par les lois de Hammond (1932) qui indiquent un dépôt tardif des tissus adipeux. Par exemple, une fois atteint le niveau de finition optimal, la prolongation de l'engrassement des agneaux permet certes d'accroître le poids de carcasse mais ce surplus est essentiellement constitué de dépôt adipeux pouvant dévaloriser la carcasse aux yeux du consommateur (Moron-Fuenmayor and Clavero, 1999). De même que, l'augmentation de l'âge d'abattage chez le caprin a favorisé le pourcentage en gras de la carcasse (Dhanda et al., 1999b; Hailu Dadi et al., 2005).

- *La précocité de la race et sexe des animaux*

Bien qu'étant de moindre amplitude que pour le squelette, la précocité peut être à l'origine de différences d'état d'engraissement: un fait bien établi est qu'un animal s'engraisse d'autant plus vite qu'il est précoce (Frayse and Darré, 1990). Ces écarts dans la proportion de squelette contribuent également à établir des différences dans la valeur commerciale des animaux sur le plan de la production de viande, c'est le cas chez les bovins (Robelin, 1978).

Lors du développement différentiel du corps de l'animal, c'est le tissu gras qui se dépose en dernier, (Hammond, 1932). Les dépôts de gras se font dans cet ordre gras viscéral (omental, mésentérique, périnéal) se développe le plus tôt suivi par les gras intermusculaire, gras sous-cutané puis intermusculaire, Webb et al. (2005) l'ont reporté pour le caprin. D'une manière générale, les dépôts gras sont influencés par des facteurs tels que l'âge, le poids vif, le sexe, la nutrition, la vitesse de croissance. Par exemple, Teixeira et al. (1995) montrent que les tissus adipeux sont en relation avec le poids de la carcasse et le gras intermusculaire se développent plus tardivement que le gras sous cutané. L'effet du sexe a été illustré, les femelles sont plus grasses que les mâles (Cameron et al., 2001a), les mâles castrés étant en position intermédiaire (Bayraktaroglu et al., 1988; Abdullah and Musallam, 2007).

2.2.4. Le rendement de carcasse et de viande

Plusieurs modes de calcul du rendement existent faisant le rapport du poids de la carcasse chaude ou froide avec le poids vif vide ou le poids vif (rendement vrai et commercial, respectivement). La mise en œuvre d'une découpe normalisée, qui pour l'espèce caprine a été proposée par Colomer-Rocher et al., (1987), a permis de montrer par exemple chez des ovins (Theriez et al., 1976) de même poids et de conformation variable qu'une certaine harmonie rend relativement constante la proportion relative des différentes régions corporelles. Fehr et al. (1976) chez des chevreaux de boucherie, et Colomer-Rocher et al., (1992) chez des chevreaux de poids variables retrouvent l'application de ces mêmes lois dans l'espèce caprine.

Les opérations de découpe sont à l'origine de différentes pertes, avec des déchets comportant des os, du gras et des aponévroses. Il est possible de calculer le rendement en viande nette commercialisable par le rapport entre le poids de viande net et le poids carcasse froid (Frayse and Darré, 1990) et chez les caprins (Colomer-Rocher et al., 1987). Mais tous les muscles d'une

carcasse ne sont pas équivalents, certains sont plus tendres que d'autres. Ainsi la viande commercialisable peut être subdivisée au moins en deux catégories de morceaux: les viandes à cuisson rapide et les viandes à cuisson lente du fait de leur «dureté» naturelle. Ce travail a surtout été réalisé chez le bovin (Robelin, 1990). Le rendement en viande moyen se situe autour de 68-70 % du poids de carcasse.

2.2.4.1. Principaux facteurs de variation du rendement

a. Pour la carcasse

Il est difficile de faire la part des facteurs strictement génétique ou alimentaires des facteurs liés au poids des animaux (Prasad and Kirton, 1992). Les races sélectionnées pour leur croissance rapide affichent des rendements de carcasses supérieures aux races non sélectionnées sur ce critère (Amin et al., 2000; Dhanda et al., 1999a).

Par ailleurs, des travaux sur des caprins abattus à des âges différents (induisant des poids d'abattage différents) ont conclu sur des variations de rendements significatifs (El Muola et al., 1999; Hailu Dadi et al., 2005). Cependant, à même poids d'abattage des rendements similaires entre mâles et femelles sont observés (Gallo et al., 1996; Maghoub et al., 2004) ou entre mâles entiers et castrés (Ruvuna et al., 1992).

b. Pour la découpe

Les races à viande possèdent incontestablement une meilleure composition, qu'il s'agisse de la proportion de viande nette ou de sa répartition. Le caprin Boer a un haut rendement de la viande caractéristique de la race (Augustini et al., 1999; Dhanda et al., 1999b; Oman et al., 2000). Chez les chevreaux mâles, le poids d'abattage n'affecte pas les contributions relatives en pourcentage des coupes primaires ramenées à la carcasse entière, à l'exception du cou (Marichal et al., 2003). Ceci est lié au développement, avec la puberté, du collier, caractéristique sexuelle secondaire.

2.3. LA QUALITE DE LA VIANDE

La viande est l'une des meilleures sources de protéines de haute qualité car elle apporte la totalité des acides aminés indispensables en quantité en alimentation humaine. Elle contient également des vitamines du groupe B et des oligo-éléments, comme le fer et le zinc (CIV, Centre d'Information des Viandes, www.civ-viande.org).

Les qualités sensorielles des viandes de ruminants restent toutefois très appréciées. De l'étape d'engraissement à celles de la consommation en passant par la transformation, les exigences vis-à-vis de la qualité ne cessent d'amplifier et varient selon les acteurs de la chaîne (Fraysse and Daré, 1990): si l'engraisseur cherche avant tout à optimiser le rendement économique de son activité, le consommateur attache de l'importance à des paramètres plus ou moins objectifs tels que la couleur, la teneur apparente en graisse ou la tendreté de la viande. Les choix des différents acteurs sont ainsi dictés par un ensemble large et hétérogène de paramètres. Les méthodes analytiques utilisées fournissent des informations pertinentes sur des variables communément mesurées en production de viande, pour pouvoir ensuite les confronter aux orientations du marché.

2.3.1. Caractéristiques du tissu musculaire

2.3.1.1. Les fibres musculaires

Les fibres musculaires sont constituées de protéines contractiles, d'enzymes requises pour l'utilisation ou le stockage de l'énergie (glucides, lipides), ainsi que d'enzymes protéolytiques, notamment celles responsables du catabolisme des protéines au cours de la maturation de la viande (Ouali et al., 2005).

L'activité métabolique des fibres dépend de celle des enzymes caractéristiques des différentes voies empruntées par les nutriments du muscle comme le glucose, ou les acides gras. Ainsi, deux grandes voies métaboliques peuvent être distinguées: la voie glycolytique anaérobie qui conduit soit à la formation de lactate à partir du glycogène ou du glucose, soit au stockage du glucose sous forme de glycogène et la voie oxydative aérobie qui donne lieu soit à l'oxydation du glucose ou des lipides dans les mitochondries, soit au stockage des triglycérides dans les fibres musculaires (en particulier dans les adipocytes intramusculaires).

De ce fait, deux types principaux de fibres musculaires (Figure 3) ayant une importance sur la qualité de la viande ont été décrits (Picard et al., 2003):

- les fibres de type I sont très riches en myoglobine (d'où leur coloration rouge) et en enzymes oxydatives, avec une faible activité myofibrillaire ATPPasique.
- les fibres de type II sont moins riches en myoglobine (donc blanches) et en enzymes oxydatives.

Bien que le nombre de fibres musculaires soit relativement fixé à la naissance, la proportion des différents types de fibres observées n'est pas constante. Durant la première partie de la vie (de la naissance à la puberté), chez le bovin une réduction graduelle de la proportion des fibres II aboutit à une augmentation de l'activité glycolytique. Ensuite, cette évolution se ralentit puis s'inverse progressivement, l'activité oxydative se développe alors que le nombre de fibres à contraction lente (type I) semble rester constant (Geay and Renand, 1994).

Le pourcentage et le typage de fibres présentes dans un muscle influencent sa tendreté (Listrat et al., 2001). Chez les mâles, les androgènes augmentent la taille de toutes les fibres musculaires et ralentissent à même âge la conversion des fibres II. La proportion de fibres rouges à métabolisme oxydatif est donc plus importante chez les mâles entiers (Oury et al., 2006). Les femelles auraient en outre moins de fibres de type I et un pourcentage plus élevé de fibres glycolytiques (Oury et al., 2006).

2.3.1.2. Les lipides musculaires

Alors que la teneur en protéines des viandes est relativement constante, celle en graisses peut varier considérablement. En effet, les lipides de la viande représentent une fraction beaucoup plus variable en quantité et en composition (Biesalski, 2005). Les lipides du muscle sont constitués en autre des phospholipides qui sont les molécules les plus réactives en raison de leur richesse en acides gras poly insaturés et de leur caractère amphiphile. Leur teneur varie de 0.5 à 1.0 % du poids frais des muscles (Renerre, 2002).

D'une espèce à l'autre, si la composition chimique des muscles est assez constante, la teneur en lipides, elle, est variable (Figure 4).

	Type de fibres		
Nomenclature	I	IIA	IIB
Brooke et Kaiser (1970)	I	IIA	IIB
Ashmore et Doerr (1971)	βR	αR	αW
Physiologie			
Unité motrice	Slow Fatigue	Fast Fatigue	Fast Fatigable
Contraction	Lente	Rapide	Rapide
Résistance à la fatigue	+++	++	+
Morphologie			
Surface plaque motrice	+	+++	+++
Réticulum sarcoplasmique	+	+++	+++
Tubules transverses	+	+++	+++
Couleur	Rouge	Rouge	Blanche
Myoglobine	+++	+++	+
Densité capillaire	+++	++	+
Nombre de mitochondries	+++	+++	+
Epaisseur de la strie Z	+++	++	+
Richesse en collagène	+++	++	++
Aire de section	+	+++	+++
Métabolisme énergétique			
Teneur en Glycogène	+	+++	+++
Teneur en Lipides	+++	+++	+
ATPase myofibrillaire	+	+++	+++
Hexokinase	+++	++	+
Phosphorylase	+	++	+++
Enzymes glycolytiques	+	++	+++
Enzymes mitochondrielles	+++	++	+

Figure 3: Tableau des caractéristiques des fibres musculaires (Picard et al., 2003).

Synthèse bibliographique

Espèces	Poids (g)	Eau (g)	Calories (kcal)	Prot. (g)	Gras (mg)	Ca (mg)	Fe (mg)	Gras saturés (g)
Chèvre (1)	100	68.2	143	27.1	3.0	17.0	3.7	0.9
Bœuf (2)	100	52.8	291	26.4	19.7	9.0	2.7	7.8
Agneau (4)	100	55.8	271	25.5	18.0	16.0	1.9	7.5
Porc (3)	100	54.6	273	27.6	17.2	25.0	1.1	6.2
Poulet (5)	100	59.5	239	27.3	13.6	15.0	1.3	3.8

(1) Viande caprine, cuite, rôtie

(2) Viande de boeuf, coupes de détail, gras rogné à 1/8 po., toutes catégories, cuite

(3) Viande de porc, frais, coupes de détail (fesse, longe, épaule et « sparerib ») cuite

(4) Viande d'agneau, coupes de détail, gras rogné à 1/8 po. catégorie de choix, cuite

(5) Viande de poulet, grillée ou frite, viande et peau, cuite, rôtie

Figure 4 : Valeurs nutritives de quelques viandes sur 100g (USDA, Agricultural Research Service Nutrient Data Laboratory, 2000).

D'une façon générale, chez le ruminant, la quantité et la nature des lipides déposés dans les muscles (Hocquette et al., 2000) dépendent en grande partie des apports alimentaires et de la digestion (Sauvant and Bas, 2001). En effet, après le sevrage, une forte proportion des acides gras insaturés de la ration alimentaire est hydrogénée dans le rumen (Sauvant and Bas, 2001). Les lipides des muscles sont constitués de 50 % d'acides gras saturés, essentiellement localisés dans le tissu adipeux externe et de 50 % d'acides gras insaturés, le dominant étant l'acide oléique (Geay et al., 2002). Les différents acides gras de la viande ainsi que leurs facteurs de variation seront développés plus tard dans le paragraphe consacré à la qualité diététique de la viande de ruminant.

Concernant le cholestérol, c'est un composant structurel important des membranes des cellules de l'organisme. Les viandes en contiennent de 50 à 100 mg/100g (<http://www.esavital.fr>). Tout comme la teneur en graisses, le taux de cholestérol de la viande est souvent surestimé. Chez le caprin, la concentration totale en cholestérol varie d'un muscle à l'autre mais reste en deçà des 90 mg/100g (Pratiwi et al., 2006).

2.3.1.3. Le glycogène

L'arrêt de la circulation sanguine qui accompagne l'abattage prive les cellules et les tissus de nutriments et d'oxygène. Le maintien de l'homéostasie musculaire nécessite alors la synthèse de composés riches en énergie. Après l'abattage des animaux, le muscle va d'abord utiliser ses réserves énergétiques (ATP) puis ensuite, la principale source énergétique sera le glycogène (Hocquette et al., 2000). A ce stade, la synthèse de l'ATP est assurée par la glycogénolyse (conversion du glycogène en acide lactique) et glycolyse anaérobie (conversion du glucose en glycogène). Ce processus demeure tant que les enzymes impliquées ne sont pas inhibées par le pH. En effet, l'hydrolyse de l'ATP s'accompagne de la libération de protons qui contribuent à la diminution du pH (Hocquette et al., 2000). Ainsi, le pHu dépend de la teneur en glycogène du muscle (Fergusson et al., 2008a), qui elle-même dépend du statut nutritionnel de l'animal avant son arrivée pour l'abattoir, de l'activité physique et des conditions de stress auxquelles l'animal est soumis de la ferme jusqu'à l'abattoir (Kadim et al., 2006). L'épuisement complet du glycogène de réserve du muscle et sa transformation en acide lactique a été observée jusqu'à 15 jours de vieillissement de la viande de chevreau (Patil et al., 2003).

Chez le mouton, cette perte en glycogène est due aux exercices de pré abattage et à l'alimentation pré abattage. Dans le cas d'un déficit en glycogène dans le muscle, macroscopiquement, les viandes sont à pH élevé et elles sont de couleur rouge foncé, dures et sèches (DFD pour dark, firm and dry); elles ont un fort pouvoir de rétention d'eau d'où l'aspect sec. Mais elles ont la possibilité d'adsorber de l'eau extérieure, d'où la sensation de viande «collante».

La fréquence élevée des carcasses DFD a été observée chez les caprins, particulièrement chez la race Boer (Augustini et al., 1999).

2.3.1.4. Le tissu conjonctif : le collagène

Le tissu conjonctif est la 2^{ème} composante du tissu musculaire. Il est constitué de deux protéines fibreuses: le collagène et l'élastine qui sont impliquées directement dans le phénomène de tendreté de la viande. En effet, elles se partagent des propriétés de résistance et/ou élasticité dans les structures où elles apparaissent (Fraysse and Darré, 1990).

Le collagène est le composé le plus important du tissu conjonctif et représente environ 80 % de son poids. Cette protéine fibreuse comprend une séquence d'acides aminés composée d'une unité tri-peptidique qui se répète. Cette séquence est du type Gly-X-Y (X et Y, acides aminés

lambda). Dans la composition du collagène, trois acides aminés prennent une part assez importante: la glycine (35 %), la proline (7 à 9 %) et l'hydroxyproline (12 à 14 %). Ainsi, l'hydroxyproline, peu commune aux autres tissus, peut être considérée comme un marqueur spécifique du tissu conjonctif (Fraysse and Darré, 1990).

La molécule de base de collagène est formée de trois chaînes polypeptidiques reliées par des liaisons covalentes et hydrogènes, afin de former une triple hélice. Il y a enroulement de multiples brins hélicoïdaux pour former une «super hélice». C'est justement le nombre et la nature des liaisons entre les fibres et les fibrilles qui permettent de définir le degré de réticulation du collagène et donc de déterminer la dureté de la viande: en effet, plus le degré de réticulation sera important, plus les fibres et fibrilles seront solidement ancrées les unes aux autres, plus la viande sera dure (Abouelkaram et al., 2002). La solidité des liens entre les chaînes de collagène s'accroît avec l'âge des animaux contribuant à augmenter la résistance mécanique du collagène (Abouelkaram et al., 2002).

Le collagène représente de 2 à 15 % de la matière sèche selon le muscle. Le taux de collagène d'une carcasse varie fortement d'un muscle à l'autre. En effet, il a été observé chez le caprin que les concentrations en collagène étaient plus élevées pour le muscle *semitendinosus* (ST) que pour le muscle *semimembranosus* (SM) et *medialis* du muscle droit (RM) (Maiorano et al., 2001).

En dépit de cette variation inter muscles, l'état du collagène à l'abattage fixe la «dureté de base» de la viande c'est-à-dire une dureté propre à l'animal abattu; elle n'évolue guère lors de l'état *rigor mortis*, de la réfrigération et de la maturation (Soltner, 1987). En effet, la dureté de base de la viande dépend de la trame conjonctive alors que sa maturation dépend des caractéristiques des fibres musculaires (type de fibres, surface, protéases) et du pH (McCormick, 1994).

Seuls les traitements particuliers comme l'attendrissement, le hachage ou la cuisson humide permettent de modifier la dureté de base. L'eau chaude à 80°C hydrolyse le collagène en gélatine et les fibres d'élastine résistent à la cuisson et à l'attaque des diastases digestives. Un travail de modélisation a permis de conclure que la contraction thermique du collagène dans la viande à 60°C diminuait avec la longueur de sarcomère et induisait des variations du module d'élasticité du collagène après chauffage. Ce travail a également mis l'accent sur l'interdépendance entre les propriétés mécaniques finales du collagène et celles des fibres musculaires (Grajales Lagunes and Gros, 1999). Ainsi, le taux de collagène d'un muscle définit sa destination culinaire, de sorte que le prix de la viande est étroitement corrélé à la teneur en collagène.

2.3.2. Relation entre les caractéristiques musculaires et la qualité de la viande

2.3.2.1. Évolution du pH post mortem de la viande

Après la mort, la transformation du muscle en viande s'accompagne d'une diminution de pH qui se stabilise à une valeur appelée pH ultime (ou pH_u). Le pH décroît d'une valeur voisine de 7.0-7.2 à des valeurs comprises entre 5.4 et 5.8 (Soltner, 1987). La discontinuité dans la chute de pH peut s'expliquer par une modification transitoire du pouvoir tampon et/ou de la répartition des charges dans la cellule musculaire (Ouali et al., 2005): le remplacement de constituants à caractère acide par des constituants à caractère basique dans le compartiment intracellulaire est accompagné d'une redistribution des ions. Toutefois, dans certains cas, cette acidification est insuffisante et donne lieu à des carcasses et viandes dits à pH élevé. Cette acidification (Fraysse and Darré, 1990) s'accompagne de modifications de la structure du muscle, de la couleur et du pouvoir de rétention d'eau (ou PRE).

A pH élevé, le pH musculaire est supérieur au point isoélectrique des protéines musculaires globalement fortement chargées négativement. À l'échelle moléculaire, il y a donc répulsion entre les différents filaments protéiques de la fibre musculaire. Ce phénomène permet l'absorption et la séquestration de nombreuses molécules d'eau de constitution du muscle entre les filaments protéiques. Les fibres musculaires sont, à ce stade, gorgées d'eau et leurs diamètres sont plus importants, tandis que les espaces conjonctifs inter-fibrillaires sont très étroits. Le PRE est élevé car l'eau de constitution du muscle est fortement liée aux protéines. Au contraire, quand le pH musculaire s'abaisse et se rapproche du point isoélectrique des protéines musculaires, ces dernières sont beaucoup moins chargées, les filaments protéiques se repoussent plus, il y a beaucoup moins de liaisons faibles avec des molécules d'eau, le réseau protéique se densifie. Le diamètre des fibres musculaires apparaît plus faible et l'eau de constitution du muscle est plus présente dans les espaces conjonctifs inter-fibrillaires. Le PRE est plus faible car la structure histologique du muscle est dite ouverte (Fraysse and Darré, 1990; Normand et al., 2005).

Le caractère «pH élevé» est lié aux dépenses physiques et aux perturbations émotionnelles que subit l'animal durant la période de pré abattage. La prévention du phénomène passe donc par l'adoption de bonnes pratiques au niveau du transport et de l'attente en bouverie des animaux. Pour repère, le pH du muscle de chevreau était en moyenne de 6.60 ± 0.087 unités 3h après l'abattage (Kannan et al., 2006).

2.3.2.2. Maturation de la viande

Lors du passage de l'état rigide à l'état rassis (maturation), la viande se ramollit. Sous l'effet d'enzymes, les protéines des fibres musculaires subissent un début de protéolyse, la rigidité disparaît. En effet, l'attendrissement des viandes impliquent les peptidases endogènes (Ouali et al., 2005). Les calpaïnes sont plus étudiées que les cathepsines en raison de leur capacité à altérer la densité de la strie Z, unité de contraction du muscle (Kooohmaraie, 1994) même si leur activité n'est pas tout le temps corrélée à la tendreté (Kooohmaraie and Geesink, 2006). Pour certains auteurs, d'autres peptidases, telles que les caspases, sont plus efficaces dans la déstructuration les structures cellulaires (Earnshaw et al., 1999). La vitesse de maturation de la viande est positivement corrélée à la vitesse de contraction musculaire (activité ATPasique). Ainsi les muscles glycolytiques, à contraction rapide, mûrissent plus vite que les muscles rouges oxydatifs à contraction lente (Fraysse and Darré, 1990).

La maturation est la période pendant laquelle s'élaborent les qualités organoleptiques du produit final (Ouali, 1991). Par exemple, les lipides musculaires vont subir des dégradations irréversibles par hydrolyse et oxydation. L'hydrolyse des phospholipides par des phospholipases libère des acides gras polyinsaturés à chaîne longue qui prédisposent la viande à l'oxydation (Gandemer, 1997).

2.3.2.3. Les différents paramètres de la qualité de la viande

Selon Hocquette et al., (2001), la prédiction des qualités sensorielles de la viande implique de bien connaître les relations entre les caractéristiques du tissu musculaire et les caractéristiques qualitatives des viandes pour disposer de prédicteurs biologiques de la qualité sensorielle de la viande. De plus, les relations sont diverses entre les critères de qualité des viandes (surtout tendreté et flaveur) et les caractéristiques musculaires (fibres, pH, protéases, lipides intramusculaires, collagène) (Geay et al., 2001). Ces relations dépendent de la source de variabilité observée, du modèle d'interprétation utilisé pour établir ces relations, et de la nature des mesures réalisées. Ainsi, face à cette multi-variabilité, la prédiction individuelle n'est pas suffisamment représentative de la qualité de la viande. Il faudrait approfondir en établissant une très forte corrélation pour arriver à une «véritable» prédiction. Du point de vue statistique, une meilleure prédiction théorique de la qualité de la viande est observée en travaillant sur une variable synthétique, c'est-à-dire résultant d'une combinaison de variables d'intérêt avec un fort coefficient de corrélation (analyse en composantes principales). Par exemple, environ 85 % de la variabilité de la force de cisaillement du muscle long dorsal peut

être expliquée par les différentes proportions de fibres musculaires et le pH de la viande à 45 min et à 24 h. Ainsi, cette méthode d'analyse simultanée de la variabilité inter et intra facteurs apporte des informations différentes d'une analyse classique (Cañequer et al., 2004).

Dans ce paragraphe, nous allons détailler principalement les qualités sensorielles et nutritionnelles de la viande.

a. L'aspect visuel : la couleur

La couleur dépend de la teneur et de l'état chimique de la myoglobine et de la structure du muscle, absorbant ou réfléchissant plus ou moins la lumière et permettant plus ou moins à l'oxygène de pénétrer. La myoglobine donne au muscle la couleur rouge et assure les échanges d'oxygène entre le sang et les fibres. Sa concentration est plus élevée dans les muscles rouge oxydatifs. Au sein du muscle, elle est sous sa forme réduite, de couleur pourpre, en raison de l'absence d'oxygène. En surface, au contact de l'air, elle se trouve sous sa forme oxydée, de couleur rouge vif. Lors d'une exposition prolongée à l'air, la couleur rouge vif est instable car le pigment s'oxyde en métmyoglobine, de couleur brune (Renerre and Labadie, 1993), désagréable à l'œil du consommateur (Kannan et al., 2001).

Après l'abattage, l'état d'oxydation du pigment dépend de la consommation d'oxygène mitochondrial et par la suite, il dépendra du pH. Le maintien d'un pH élevé (> 6) se traduit par une viande de couleur sombre, collante, caractéristique des animaux stressés avant l'abattage dont les réserves de glycogène ont été épuisées (Ferguson and Warner, 2008b).

b. La tendreté

La tendreté est définie par la facilité avec laquelle une viande se laisse mastiquer. les deux composantes principales de la tendreté sont les myofibres et le collagène. Comme nous l'avons mentionné précédemment, le collagène fixe la dureté de base de la viande et les myofibrilles constituent la partie contractile du muscle, leur tendreté évolue au cours de la maturation.

La tendreté potentielle d'une viande dépend de la provenance anatomique du muscle. En effet, les études faisant appel à une variabilité générée par des mesures sur plusieurs muscles ne donnent pas les mêmes relations que les études sur un seul muscle. Ainsi par exemple, les teneurs en collagène sont très différentes entre muscles, alors que la solubilité du collagène ne varie pas de façon significative entre muscles mais varie fortement entre individus pour un muscle donné (Hocquette et al., 2001). De plus, d'autres facteurs génétique ou nutritionnel par exemple, influencent la tendreté les muscles (Listrat et al., 2001). Ainsi, les relations

valables pour un type de muscle donné ne sont donc pas extrapolables à un autre type de muscle.

La tendreté peut être estimée par des mesures biochimiques (dosage et solubilité du collagène), par des méthodes mécaniques et par l'analyse sensorielle. La force de cisaillement obtenue avec l'appareil de Warner-Bratzler est généralement la mieux corrélée avec la tendreté estimée par un jury d'analyse sensorielle.

La tendreté s'évalue par un jury d'experts qui font appel à l'ensemble des perceptions humaines liées à la tendreté. L'importance de l'expertise est essentielle pour cette mesure pour éviter les biais entre la texture et l'apparence de la viande (Risvik, 1994).

c. La jutosité

La jutosité est liée au PRE. Le pouvoir de rétention d'eau de la viande est sous l'influence du pHu comme nous l'avons cité précédemment. En effet, sur 15 jours de mesure de suivi de pHu chez le chevreau, il a été noté une augmentation graduelle dans la perte en eau à la cuisson (inverse du PRE) et elle a varié de 32 à 40 % (Patil et al., 2003).

D'une manière générale, la jutosité est liée indirectement aux facteurs de variation du pHu tels que le type de fibres: les muscles rouges sont plus pauvres en glycogène et ont des pH ultimes plus élevés que les muscles blancs (Rao and Gault, 1989).

Pour la filière, les pertes en eau de la viande sont préjudiciables à l'acceptabilité par le consommateur. Du fait de la sensibilité de caprins au stress pré-abattage, la viande a tendance à avoir un pH ultime élevé (Webb et al., 2005). Les données d'Augustini et al., (1999) montrent que les chèvres sont sensibles à ces conditions : toute opération permettant de réduire les dépenses physiques et les perturbations émotionnelles durant la période de pré abattage limitent le risque d'apparition de viande à coupe sombre. Les préconisations à mettre en œuvre pour y parvenir, à la ferme, lors du transport et à l'abattoir, font l'objet de nombreuses publications (Kannan et al., 2002; Kadim et al., 2006; Kannan et al., 2007).

d. La flaveur

La flaveur est un ensemble complexe formé des saveurs perçues par les papilles de la langue et des arômes perçus par voie rétro-nasale, une fois le morceau en bouche. La flaveur sollicite donc les deux sens : goût et odorat. Dans le langage courant, la flaveur est assimilée au goût.

La viande à l'état cru a peu de goût, à l'exception du goût du sang, et contient peu de composés aromatiques. Ce n'est qu'au cours de la cuisson que se développe sa flaveur typique due aux composés aromatiques de la viande cuite. Les principales réactions

biochimiques induites par le traitement thermique sont d'abord la réaction de Maillard entre acides aminés et sucres réducteurs (oses et osides) où les hétérocycles azotés et soufrés produits (génèrent une odeur typique de la viande cuite (Farmer et al., 1989).

Malgré la complexité de la flaveur, la composante principale est le gras. Les graisses sont effectivement le support des flaveurs spécifiques des viandes des différentes espèces animales (Dransfield, 2008). La flaveur est d'autant plus forte que la quantité de gras intramusculaire l'est (Figure 5).

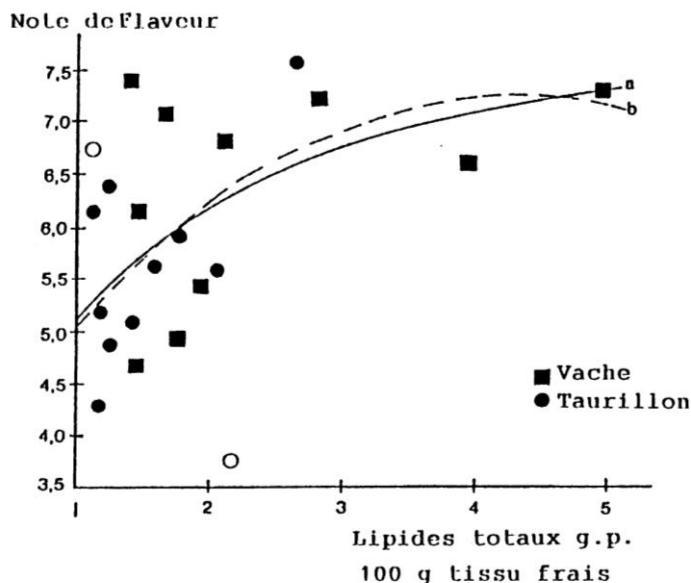


Figure 5: Relation entre la note de flaveur et la teneur en lipides intramusculaire totaux.
Source : (Denoyelle, 1995).

Les lipides musculaires sont impliqués dans de nombreux aspects de la qualité de la viande, et en particulier dans l'arôme. Ainsi, l'état d'engraissement global de l'animal permet un pilotage de la flaveur: c'est bien par ce biais qu'il est partiellement possible de modifier la flaveur de la viande, en jouant sur des facteurs biologiques et/ou les conditions d'élevage des animaux (Denoyelle, 1995). Par exemple, la castration est associée à une flaveur et une jutosité plus élevées en relation avec une teneur en lipides intramusculaires plus importante (Oury et al., 2006).

Concernant les conditions d'élevage, l'alimentation à base d'herbe est souvent proposée comme un facteur pouvant influer flaveur de la viande. Pourtant les facteurs impliqués semblent différer entre espèces. En effet, chez l'agneau les flaveurs particulières liées à un régime à base d'herbe seraient majoritairement déterminée par l'association d'acides gras ramifiés et de scatole (3 méthyle indole), et dans une moindre mesure, par des produits issus

de l'oxydation de l'acide linolénique (Priolo et al., 2001b). Inversement chez le bœuf, le rôle du scatole serait réduit par l'absence d'acides gras ramifiés, et la flaveur de la viande liée au pâturage serait plutôt à relier à l'oxydation de l'acide linolénique provenant de l'herbe (Priolo et al., 2001a).

La réaction de dégradation des lipides, triglycérides et phospholipides conduit ensuite à une large gamme de produits aliphatiques dont certains pourraient être à l'origine des différences d'arômes entre les espèces animales. Des travaux menés chez le caprin et l'ovin, ont montré un arôme plus intense chez l'agneau et une flaveur plus typique et plus intense chez le caprin (Schönfeldt et al., 1993). D'autres facteurs environnementaux, peuvent influencer la flaveur. Ainsi, un stress pré abattage induisant un pH élevé, s'accompagne d'une production accrue de composés issus de l'oxydation des acides gras, favorisant le développement d'une flaveur désagréable lors de la cuisson de la viande d'agneau (Geay et al., 2002).

e. Les nutriments : protéines et oligo-éléments

Chez les ruminants, la composition chimique des muscles en eau, protéines et glucides est assez constante (environ 75 % d'eau, 19 à 25 % de protéines et 1 à 2 % de glucides. En alimentation humaine, la viande constitue une source importante de protéines, riches en acides aminés indispensables. Par ailleurs, on retrouve dans nos aliments des peptides biologiquement actifs. Dans la viande fraîche, la majorité de ces composés peptidiques sont la carnosine, l'ansérine et la glutathionne, et proviennent du processus de maturation ou de la cuisson (Bauchart et al., 2006). Les protéines du tissu conjonctif sont aussi à prendre en compte dans la valeur nutritionnelle de la viande. Il semblerait cependant que leur valeur nutritive soit médiocre, illustrée par les travaux sur la gélatine (Patureau Mirand and Rémond, 2008).

Contrairement aux produits végétaux, la viande offre les minéraux sous une forme disponible et beaucoup plus assimilable par l'organisme (Williamson et al., 2005). Selon la revue de Biesalski (2005), la viande est une source d'oligoéléments: de fer, de phosphore, de zinc, et de sélénium. Elle est également une source importante de vitamines du groupe B (B1, B2, B6, B12 et niacine). Notons, que les vitamines B6 et B12 sont absentes des produits végétaux, mais sont synthétisées par les microorganismes du tube digestif du ruminant (Favier et al., 1995). En revanche, la viande n'apporte pas certaines vitamines telles que C, A et D. Toutefois, ces apports vitaminiques sont beaucoup plus importants avec les abats et le foie, en particulier pour la vitamine A et l'acide folique (B9) (Patureau Mirand and Rémond, 2008). La viande contient peu d'hydrates de carbone. Les petites quantités (le glycogène) jouent un

rôle dans la préparation de la viande: avec les protéines, ils sont à l'origine des réactions de Maillard pendant la cuisson qui donnent la couleur dorée, le parfum et de la saveur unique de la viande (Patureau Mirand and Rémond, 2008).

f. Les acides gras

Pour rappel, les AGPI de la série n-3 (C18:3n-3 et dérivés) et de la série n-6 (C18:2n-6 et dérivés) sont synthétisés par les plantes, mais ne sont pas synthétisés par les animaux supérieurs (Geay et al., 2002), ils doivent donc être apportés par l'alimentation (Figure 6).

L'acide linoléique (C18:3), abondant dans les fourrages verts (Morand-Fehr and Tran, 2001), se retrouve en quantité dans les tissus des ruminants (Enser et al., 1999). Car bien qu'une forte proportion de C18:3 soit transformée en C18:0 dans le rumen (Sauvant and Bas, 2001), des quantités faibles mais significatives échappent au métabolisme ruminal et sont absorbées dans l'intestin grêle (Wood et al., 2004).

A cela s'ajoute la particularité des bactéries du rumen à produire un ensemble de molécules d'AGPI conjugués à doubles liaisons appelées CLA (acides linoléiques conjugués). Ces acides gras sont issus des réactions de trans-isomérisation mises en jeu au cours du processus de biohydrogénéation des acides linoléique (C18:2 n-6) et linoléique (C18:3) alimentaires par les bactéries du rumen (Sauvant and Bas, 2001). Les formes dominantes de CLAs produites par les microorganismes sont le C18:2 $\Delta 9\ cis-\Delta 11\ trans$ (acide ruménique) (Figure 6), ainsi que les C18:2 $\Delta 10\ trans-\Delta 12\ cis$ et $\Delta 7\ trans-\Delta 9\ cis$ et, à un degré moindre leurs isomères $\Delta 9\ trans-\Delta 11\ cis$ et $\Delta 10\ trans-\Delta 12\ trans$ (Yurawecz et al., 1998).

Les processus de biohydrogénéation bactérienne des AGPI alimentaires dans le rumen génèrent également des isomères *trans* de l'acide oléique. Les isomères *trans* de l'acide oléique (dont l'acide *trans* vaccénique, C18:1 $\Delta 11\ trans$, majoritaire à 66 %), représentent environ 15 % des isomères totaux (cis et trans), soit en moyenne 6 % des acides gras totaux du muscle (Bayard and Wolff, 1996).

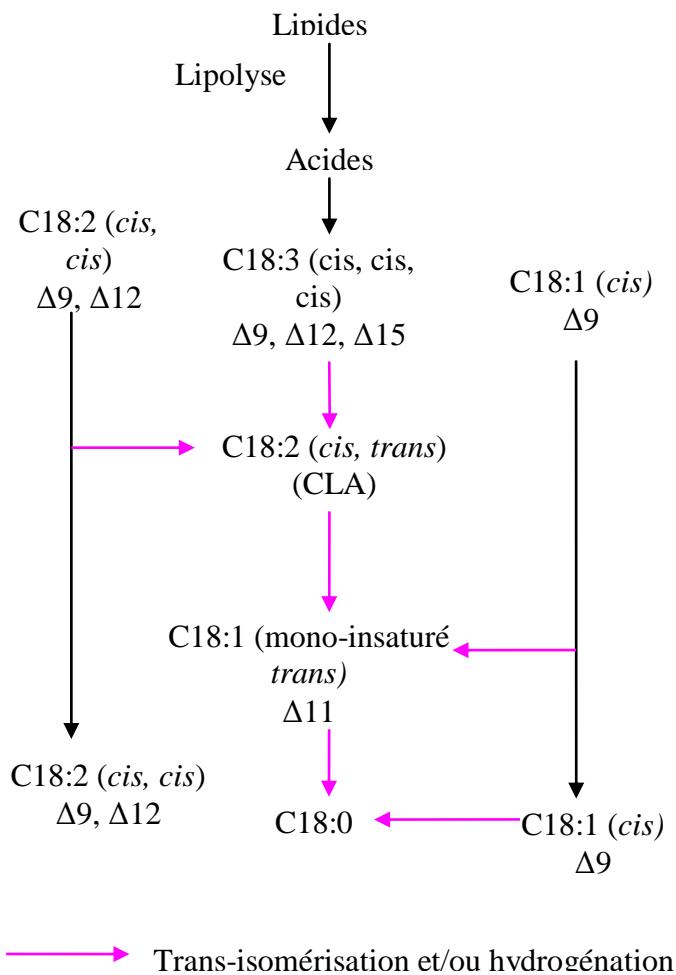


Figure 6 : Lipolyse et biohydrogénéation des acides gras alimentaires par les bactéries du rumen (Geay at al., 2002)

- Quel est l'intérêt diététique des AG ?

Les lipides de la viande caprine sont constitués de 29 à 54 % d'acides gras saturés (AGS), 34 à 58 % d'acides gras mono-insaturés (AGMI) et de 7 à 20 % d'acides gras polyinsaturés (AGPI ; Banskalieva et al., 2000). Ce profil est relativement éloigné de l'apport journalier en AG préconisé dans l'équilibre alimentaire, qui est de 20 g/j AGS, de 49 g/j AGMI et de 13 g/j AGPI (AFSSA, 2003)

Les AG des séries n-3 et n-6 ont un rôle prépondérant dans la mise en place de la réponse immunitaire chez l'humain et l'animal. De plus, les AGPI n-3 ont une influence positive dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Delorgeril et al., 1994).

Un rapport n-6/n-3 trop élevé est associé à un risque plus important d'athérosclérose ou de maladies coronariennes. D'une façon générale, le rapport n-6/n-3 recommandé pour l'alimentation humaine est de l'ordre de 2. Le rapport n-6/n-3 chez le porc est de 7 contre 1 à

2 chez le ruminant (Wood et al., 2004). Ainsi, la viande des ruminants présente une supériorité sur ce point par rapport aux autres types de viandes.

La viande est une source d'AG essentiels (synthétisés par la voie *de novo*), qui sont: l'acide linoléique (C18:2n-6), l'acide linolénique (C18:3n-3), l'acide arachidonique (C20:4n-6) et l'acide eicosapentaénoïque (C20:5n-3) (Smith, 2007). Toutefois, ces AGPI sont en plus faibles quantités dans la viande comparés au poisson et à l'huile de poisson (Seppänen-Laakso et al., 2002).

Les AG non essentiels sont synthétisés par l'animal et l'homme, grâce à l'Acétyle coA et ses cofacteurs. Ce sont essentiellement des AGS (par exemple, les acides palmitique et stéarique), des AGMI de la série n-9 (par exemple, l'acide oléique) (Smith, 2007).

L'isomère C18:2*cis*-9, *trans*-11 (acide ruménique) est l'isomère CLA (Sauvant, 2000). Il a une activité biologique intéressante en santé humaine dans la prévention des cancers (Gerber et al., 2007). Chez les ruminants, il est de l'ordre de 11 mg/g dans le gras corporel (Larquè et al., 2001). On retrouve un autre isomère CLA majoritairement dans le lait, le C18:1*trans*-11 (acide vaccénique), de l'ordre de 2,9 à 4,3 mg/g de lipides totaux (Chin et al., 1992).

2.3.3. Facteurs de variation de la qualité de la viande

La nutrition du ruminant influence l'activité métabolique, la structure et la composition des muscles et va moduler ses qualités sensorielles. Les conditions d'élevage peuvent être responsables de la variabilité qualitative des viandes par exemple par une mauvaise maîtrise des procédés d'abattage. L'espèce et le sexe peuvent expliquer des différences de qualité.

2.3.3.1. Facteurs liés à l'élevage

a. Couleur

▪ Etat d'engraissement et conduite d'élevage

L'alimentation peut avoir un impact indirect sur la couleur de la viande via l'état d'engraissement de la carcasse et le taux de gras qui varie souvent selon le système d'alimentation. En effet, le pourcentage de gras intramusculaire est aussi en partie responsable des différences de luminosité de la viande d'animaux soumis à différents systèmes de production. Le gras est moins coloré que le muscle et sa présence pourrait contribuer à augmenter la valeur de la luminosité (L*). La viande provenant des animaux qui pâturent est

plus sombre, quelle que soit la méthode de mesure, objective (luminosité L*) ou subjective (critère visuel; Denoyelle, 1995). Par exemple, chez les ovins en croissance, une pigmentation plus marquée a été observée avec un régime d'herbe pâturée, comparativement à un régime en concentrés distribué à l'auge (Moron-Fuenmayor and Clavero, 1999). Parmi les principaux facteurs pouvant expliquer cette différence, se trouvent les quantités de gras intramusculaire. Ceci n'est observé que pour des conduites alimentaires avec des apports énergétiques très marqués, par exemple, dans le cas d'un gradient de concentré, l'aliment n'a pas d'effet significatif sur la couleur (Abdullah and Musallam, 2007).

Enfin, certains auteurs considèrent l'activité physique comme un facteur potentiel affectant la couleur, en particulier, il peut jouer un rôle indirect en modifiant les proportions des différents types de fibres musculaires (Vestergaard et al., 2000).

▪ pHu

Le pH ultime du muscle est fortement corrélé à la couleur de la viande, en particulier à sa luminosité. Dans le cas des agneaux d'herbe, leur viande semble avoir un pH ultime légèrement plus élevé. Elle est plus sombre, avec un indice de luminosité L* plus faible (Priolo et al., 2001b).

Par ailleurs, la supplémentation de la ration en sélénium et surtout en vitamines E permet de réduire fortement l'oxydation de la myoglobine (Macit et al., 2003) et d'augmenter la durée d'exposition à l'air. La vitamine E et le sélénium, constitutifs de la glutathion-peroxydase protègent les phospholipides et le cholestérol des membranes contre l'oxydation (Renerre and Labadie, 1993). La vitamine E est 5 à 10 fois plus abondante dans tous les fourrages verts que dans les céréales. Les travaux de l'INRA (Jarrige, 1988) situent les besoins en vitamines E des ovins et bovins entre 5 et 10 mg/kg d'aliment, et les besoins en sélénium à 0,1 mg/kg d'aliment.

b. Tendreté

Conduite alimentaire

On pourrait penser que l'alimentation du ruminant, par la nature des apports énergétiques et azotés, peut modifier les caractéristiques musculaires à l'abattage et donc influer plus ou moins fortement les différences de tendreté de la viande. Toutefois, chez le caprin, dans le cas de régimes iso protéiques et iso énergétique, il n'y a pas eu de différences significatives quant à la teneur totale en collagène et à la résistance du muscle (Kannan et al., 2006).

En condition extensive, le caprin affiche une forte teneur et une faible solubilité du collagène, comparé au mouton par exemple (Niekerk and Casey, 1988). Beaucoup d'auteurs ont

démontré chez le ruminant que la réduction du niveau alimentaire détériore la tendreté de la viande. En effet, cette restriction s'accompagne d'une réduction de fibres glycolytiques blanches à vitesse de maturation élevée au profit des fibres rouges oxydo-glycolytiques à vitesse de maturation plus lente (Picard et al., 1995).

Aussi, le cas particulier du jeûne avant l'abattage mérite d'être détaillé. En effet, la mise à jeun avant l'abattage, associée au transport et à la manipulation des animaux aboutit à des viandes qui s'attendrissent plus rapidement et qui ont une plus grande tendreté ultime. La tendreté plus élevée des viandes à pH élevé serait due non seulement à une augmentation de la capacité de rétention d'eau de la viande, mais aussi à une protéolyse post mortem plus intense (Ouali, 1990).

De même, la réalimentation des ruminants après une période de restriction entraîne non seulement une reprise de la croissance mais aussi une augmentation de la synthèse de collagène soluble, de l'accroissement de la proportion de fibres musculaires glycolytiques à maturation rapide et une augmentation de la teneur en lipides intracellulaires. Cette croissance compensatrice améliore donc la tendreté (Geay et al., 2002).

Par ailleurs, une relation étroite entre la tendreté et l'adiposité sous-cutanée peut être établie car le gras sous-cutané protègerait les muscles contre la contraction au froid et maintiendrait la température musculaire à un niveau accélérant la maturation. Toutefois, chez le caprin, la quasi inexistence de gras sous cutané sur la carcasse, l'expose à la contraction au froid, par un refroidissement trop rapide de la carcasse, ce qui influence fortement la maturation (Kannan et al., 2006).

c. Teneur en AG

Conduite alimentaire

Il existe des possibilités de mieux maîtriser ces teneurs par l'alimentation de l'animal. La nature et la quantité des acides gras ingérés peuvent modifier la composition des lipides déposés dans les réserves adipeuses externes et dans les lipides intramusculaires du ruminant en croissance ou en lactation (Demeyer and Doreau 1999).

Ainsi la consommation d'herbe au pâturage permet aux ruminants d'incorporer dans leurs dépôts adipeux une proportion plus élevée d'AGPI n-3 (C18:3n-3) (Atti et al., 2006) et leurs homologues polyinsaturés longs comme le C20:4n-3, C20:5n-3, C22:5n-3 et C22:6n-3 (Enser et al., 1999). A l'inverse, les régimes à bases de céréales (maïs et soja) conduisent à une élévation des teneurs en AGPI n-6 de type C18:2n-6 dans les dépôts adipeux de ruminants

(Casey and Van Niekerk, 2003). Ainsi, tout aliment riche en AGPI modifie différemment la composition en acides gras des lipides musculaires et des tissus adipeux (Bas et al., 2005).

La production de CLA par le ruminant est aussi régulée par la nature des rations. Ainsi, la production de CLA augmente fortement avec l'emploi de rations complémentées avec des graines oléagineuses (riches en C18:2n-6 ou en C18:3n-3; Rhee et al., 2000). Il a été observé que l'apport de ce type de graines augmente fortement la teneur en vitamine E dans les dépôts lipidiques (de 4,5 à 14,9 µg/g), ce qui contribue à renforcer la stabilité de leurs acides gras vis-à-vis de la peroxydation (Flachowsky et al., 1994).

En effet, l'introduction de matières grasses protégées des fermentations ruminales entraîne de fortes modifications de la composition en acides gras des lipides des tissus chez le bovin à l'engraissement. Ainsi, l'emploi de graines de coton ou de canola, riches en C18:2n-6, protégées élève fortement la teneur en C18:2n-6 des lipides des dépôts adipeux au détriment soit du C18:1 soit du C16:0 (Ashes et al., 1993). Par extrapolation, il est possible de réduire la concentration des AGS dans les viandes en accroissant la proportion AGPI absorbée par l'animal, en prenant soin de protéger les acides gras de l'hydrogénéation ruminale.

2.3.3.2. Facteurs liés à l'animal

a. Couleur

Age et sexe

Chez les caprins, l'intensité de la couleur rouge (photométrie) augmente graduellement avec l'âge (Pratiwi et al., 2004). La viande de femelles est plus claire que celle des mâles. Elles auraient moins de fibres oxydatives et plus de fibres glycolytiques, et donc moins de pigments car le métabolisme oxydatif est lié à la teneur en myoglobine (Oury et al., 2006). Toutefois, la teneur en pigments croît plus rapidement chez les femelles, plus précoces que les mâles (Geay and Renand, 1994). Les caractéristiques liées à la couleur semblent être peu affecté par la castration (Oury et al., 2006).

b. Tendreté

Age, type génétique et typologie musculaire

Comme nous l'avons vu précédemment, le tissu collagénique contribue à la dureté de la viande par sa concentration dans le muscle à l'abattage et par sa thermo-solubilité. L'âge d'abattage influe sur la proportion du collagène, qui augmente à cause de la réduction du nombre de protéines myofibrillaires. La même observation a été constatée chez les ovins et caprins : la viande des jeunes animaux était plus tendre, et contenait moins de tissu fibreux

que les animaux plus âgés (Schönfeldt et al., 1993). En plus de l'aspect quantitatif, la solubilité du collagène explique aussi les différences de tendreté. Elle est fonction de la nature et de l'importance des liaisons collagéniques, du diamètre et du type d'isoformes des protéines collagéniques (Geay et al., 2002). En effet, il a été observé que contrairement à la teneur en collagène, la solubilité, elle, diminue aussi avec l'âge (Picard et al., 2006). La solubilité est affectée en outre par l'espèce: en comparant le caprin Boer et le mouton, sa viande contient plus de collagène avec une solubilité inférieure, ce qui tend à la déprécier par rapport à l'agneau (Niekerk and Casey, 1988).

L'espèce influence aussi la tendreté. Par exemple, la viande de mouton est plus tendre car elle contient moins de tissu collagénique que la viande chèvre Angora ou Boer (Schönfeldt et al., 1993).

Egalement, si l'on considère la teneur en collagène dans un type de muscle, le *rectus medialis* comparé au *semitendinosus*, est apparu comme un muscle pauvre en collagène et son index de tendreté était faible (Maiorano et al., 2001).

Les myofibres sont une autre composante du muscle et interviennent dans la tendreté initiale de la viande. Ainsi, il existe une relation positive entre le pourcentage de chaîne lourde de myosine à métabolisme lent (MyHC I) et la tendreté (Picard et al., 2006). Aussi, Listrat et al. (2001) ont montré que les muscles lents oxydatifs apparaissent plus tendres comparés aux muscles rapides glycolytiques (à forte proportion de fibres IIA).

c. Teneur en AG

Type génétique et sexe

Le génotype exerce une forte modulation sur la teneur et la composition en acides gras des lipides de dépôt. Des différences de composition et de teneur en lipides intramusculaires ont été mis en évidence entre différentes races caprines (Dhanda et al., 2003b). Ainsi, l'effet de la nature de la ration ou du niveau des apports énergétiques peut donc ainsi être exacerbé par le type génétique de l'animal. L'espèce peut aussi influencer les teneurs en acides gras des viandes. En effet, dans des conditions d'élevage semblables, comparées aux agneaux, les chèvres avaient de plus hauts niveaux d'acides palmitique, palmitoléique et oléique et un niveau inférieur d'acide stéarique dans leur viande (Lee et al., 2008a).

Il a été observé que la castration affectait considérablement les teneurs en acides gras. La viande, de boucs castrés, contenait le plus fort pourcentage en acides gras non saturés et, par conséquent, un ratio AGPI/AGS plus élevé (Pratiwi et al., 2006). Par ailleurs, l'âge d'abattage

conditionne davantage les qualités organoleptiques que les niveaux d'acides gras saturés et non saturés présents dans la viande de chèvre (Lee et al., 2008b).

CONDITIONS EXPERIMENTALES

3. CONDITIONS EXPERIMENTALES

3.1. L'ENVIRONNEMENT EXPERIMENTAL

3.1.1. Le domaine Gardel de Plateforme Tropicale d'Expérimentations Animales (PTEA)

Le domaine expérimental de Gardel est un centre d'élevage de caprins et bovins Créoles de l'URZ (INRA UR 143, Unité de Recherches Zootechniques, Centre INRA-Antilles Guyane, Prise d'eau, 97170 Petit-Bourg). Il est un outil expérimental au service des études de l'élevage au pâturage, de l'amélioration génétique des populations de ruminants locaux et de l'étude de la résistance des caprins aux strongles gastro-intestinaux. Cette unité expérimentale dispose d'une soixantaine d'hectares dont 36 irrigués sur lesquels sont élevés un troupeau de bovins allaitants de race créole (200 têtes dont 80 mères), un troupeau de caprins créoles à viande (1000 têtes dont 280 mères) et des ovins à poil Ovin Martinik (60 brebis).

Le domaine dispose par ailleurs de chèvrerie (600 m²) et bouquerie (420 m²), de deux bâtiments d'engraissement hors-sol caprins (280 m² existant, 300 m²), de parcs de tri pour les manipulations des animaux, d'un laboratoire «fourrage» (75 m²) permettant le conditionnement et le stockage d'échantillons expérimentaux (chambre froide, étuves, balances, broyeurs)

3.1.2. Les données climatiques, saisons, pluviosité moyenne

Le domaine Gardel est situé dans la commune du Moule, une zone sèche et calcaire. Cette région est relativement peu arrosée (précipitations < 1.500 mm), avec des pluies concentrées sur le second semestre (2/3 du total). Les températures maximales moyennes varient entre 27°C (janvier) et 32°C (août) et les minimales varient entre 21°C et 25°C. Malgré ces importantes variations interannuelles, deux saisons peuvent être définies: une saison sèche et fraîche de janvier à avril (précipitations variant de 50 à 70 mm/mois), une saison chaude et humide de mai à décembre (précipitations variant 100 à 180 mm/mois). L'hygrométrie moyenne est toujours supérieure à 70 %. La durée de la période claire du nycthémère passe au cours de l'année de 11 heures (fin décembre) à 13 heures (fin juin).

3.2. LA CONDUITE D'ELEVAGE EXPERIMENTAL

Le troupeau de chèvres allaitantes suit pour sa reproduction un rythme semi-intensif de trois mises-bas en deux ans, menées avec la technique de l'effet mâle (Mahieu et al., 2008). Le sevrage des chevreaux est réalisé aux environs de 3 mois d'âge. Les chevreaux mâles ont été mis en lot en tenant compte de leur poids de sevrage (~ 9 kg), de leur GMQ pré-sevrage (~ 80 g/j), de leur parenté (des pères) et du poids de la mère. Pour atteindre le quota d'animaux nécessaires aux expérimentations et surtout pour maintenir l'effectif du troupeau expérimental, les chevreaux ont été choisis parmi différentes « bandes » de naissance.

3.2.2. La conduite alimentaire

A la station expérimentale, les prairies cultivées et destinées à l'alimentation de l'élevage de caprins, sont constituées majoritairement de *Digitaria decumbens* dit « Pangola » et de *Dicanthium caricosum* dit « Ti-foin », qui sont deux espèces communes aux prairies naturelles de la région. Pour les lots recevant une ration mixte, les animaux reçoivent en complémentation de leur ration, un concentré commercial produit par l'entreprise des Grands Moulins des Antilles (GMA). En collaboration avec l'INRA, cette société propose une formulation conçue pour les ruminants, nommée «Aliment INRA01» à base de maïs, de blé et soja.

Pour alimenter les boucs à l'auge, le fourrage est fauché quotidiennement sur des parcelles à 28 jours de repousse (sur la base de 1500 kg MS/ha/cycle). Dans le dispositif pâturage, les chevreaux après le sevrage étaient élevés au pâturage en contemporain. Le chargement est de 1000 kg/poids vif/hectare. Les parcelles sont exploitées en rotation à 28 jours de repousse. Après chaque passage d'animaux ou chaque fauche, un épandage d'engrais (30 unités d'azote par ha et cycle ou 1 unité/jour de végétation) est réalisé. Dans le dispositif à l'auge, les animaux ont été élevés en stabulation libre, ils recevaient du fourrage à volonté (20 % de refus) avec ou sans concentré «aliment INRA01» cité précédemment.

3.2.3. Les soins vétérinaires

Régulièrement, les chevreaux de nos expérimentations sont traités contre les parasites gastro-intestinaux. Du sevrage à environ 7 mois d'âge, les chevreaux reçoivent, par périodes de quinzaine, un traitement contre les coccidies en alternance avec un traitement contre les vers Ténia. A partir de 7 mois, un traitement à visée large contre les strongles gastro-intestinaux vient

se substituer à celui contre les coccidies. Pour les animaux en pâture, la fréquence de ces traitements est mensuelle. En ce qui concerne le traitement contre les ectoparasites (tiques), la fréquence de traitement est bimensuelle.

3.3. LES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Les différents protocoles ont été menés au sein de la station expérimentale Domaine Gardel. Ils avaient pour but d'évaluer les effets de différents types de rations sur l'ingestion et la croissance des «ti-boucs», les caractéristiques de carcasses (qualité des carcasses, mesures pondérales et linéaires), les caractéristiques de la viande (qualité de viande).

Les abattages se déroulaient à l'abattoir expérimental du PTEA au domaine de Duclos à 60 km du lieu d'élevage.

Les rations alimentaires ont été choisies afin d'évaluer des contextes variés d'élevage et représenter la diversité des élevages. En ce qui concerne la qualité des viandes, les teneurs et la qualité des acides gras (AG) ont été plus particulièrement étudiées en vue d'une valorisation diététique de la viande caprine créole.

Les protocoles liés au dispositif expérimental n°1 ont été menés de Janvier 2005 à Mai 2006. Ce dispositif expérimental a mobilisé un total de 198 animaux élevés selon trois conduites d'élevage (pâturage, herbe seule à l'auge, herbe plus concentré à l'auge). Les animaux ont été abattus soit à âge constant (7, 11 et 15 mois) soit à poids constant (18, 22 et 25 kg).

Le dispositif expérimental n°2 a été mis en place de Mai 2006 à Mars 2007. Les animaux ont été soumis 4 niveaux d'alimentation dont l'herbe seule et ils ont été abattus à poids constant (22-25 kg).

3.3.1. Mesures en élevage

La consommation alimentaire des chevreaux était estimée pour les essais à l'auge, par pesée des aliments proposés, et des refusés, 5 jours par semaine du sevrage à l'abattage. L'ingestion de l'aliment concentré était aussi contrôlée par la pesée du refus. L'ajustement de la quantité de concentré dans la ration a été réalisé en fonction du poids vif animal déterminé toutes les quinzaines.

La détermination journalière de la matière sèche des proposés et des refusés a été effectuée jusqu'à l'abattage des lots. Et les échantillons d'aliments ont été stockés avec soin jusqu'à leurs broyages et leurs analyses de laboratoire. La croissance des «ti-boucs» a été déterminée par des pesées régulières toutes les quinzaines.

3.3.2. Mesures à l'abattoir

La veille de l'abattage, les animaux ont été pesés à l'unité expérimentale Domaine Gardel (poids vif d'abattage), puis ils ont été transférés à l'unité expérimentale Domaine Duclos dans un véhicule adapté. Arrivés à destination, ils ont été maintenus à jeun (avec un accès libre à l'eau) jusqu'au lendemain.

Le jour de l'abattage, les animaux ont été pesés à nouveau (poids vif à jeun). La procédure d'abattage utilisée correspond à celle réalisée en routine pour les caprins: les animaux étaient abattus à l'aide d'un pistolet à balle captive. Ils étaient saignés par section des jugulaires et de la carotide, puis dépecés et éviscérés. La tête était retirée par section au niveau de la jonction atlas-axis et les membres étaient sectionnés au niveau de la jonction carpo-métacarpienne (pour les pattes avant) et tarso-métacarpienne (pour les pattes arrière).

Des mesures de routine (Colomer-Rocher et al., 1987) étaient effectuées lors de l'abattage. Elles correspondent essentiellement à des pesées de différents éléments du corps puis de la carcasse, à savoir la tête, les pattes, la peau, les abats rouges (foie, poumons, cœur), le tractus gastro-intestinal plein puis les abats blancs vides (rumen-réseau, feuillet, caillette, petit et gros intestins vides), les tissus gras (omental, intestinal associé aux ganglions), et les déchets totaux (trachée, organes génitaux, vésicule biliaire, vessie vidée, pancréas, rate). Enfin, la carcasse était pesée avec les rognons (poids carcasse chaude). Puis, elle était stockée en chambre froide ventilée à 4°C.

Vingt-quatre heures après le ressuyage, la carcasse était pesée (poids carcasse froide). Les mesures se poursuivaient sur la carcasse, il s'agissait essentiellement d'appréciations de conformations et des mesures de mensurations. La notation était basée sur les grilles de classification d'agneaux légers (OFIVAL, 2005) appliquées aux cabris. Les critères pris en compte étaient : la conformation de l'animal, son état d'engraissement (extérieur et interne) et la couleur de la viande. Une note comprise entre 1 à 5 était attribuée, 5 étant la note maximale.

Des mensurations sur la carcasse entière pendue (Boccard and Dumont, 1976) étaient effectuées: largeur du bassin «G» (plus grande largeur au niveau des trochanters), largeur au thorax «Wr» (plus grande largeur au niveau des côtes), profondeur de poitrine «Th» (profondeur du thorax au niveau de la 6^{ème} côte), longueur de carcasse «K» (distance queue-cou).

D'autres mensurations étaient effectuées sur la demi-carcasse gauche. Notons, qu'avant la découpe en demi-carcasses, les rognons, ainsi que le gras péri rénal, étaient détachés de la carcasse et pesés séparément. Ainsi, cette la demi-carcasse, les mensurations relevées étaient : la longueur du gigot ou «jarret-symphyse» (distance la plus courte entre le périnée et le bord intérieur de la surface tarso-métatarsienne "F"), la longueur de la carcasse ou «longueur totale» (distance depuis le bord antérieur de la symphyse pubienne jusqu'au milieu du bord apparent de la 1^{ère} côte "L").

Pour compléter cette série de mesures, la demi-carcasse était découpée anatomiquement en 5 morceaux selon Colomer-Rocher et al. (1987): épaule, collier, poitrine, côtes (filet, carré découvert, carré couvert), gigot (raccourci du gigot et selle). L'autre demi-carcasse droite et/ou l'épaule droite était réservée pour un broyage ultérieur.

Après la découpe, des prélèvements de muscles étaient effectués. Des côtes étaient prélevées (de la 5^{ème} à la 13^{ème} côte dorsale) et le muscle long dorsal (*Longissimus dorsi*) y était paré. Chaque muscle a été utilisé pour un dosage physico-chimique, comme le synthétise le tableau 1.

Parallèlement, l'épaule gauche était disséquée en muscles, os, et gras intermusculaire. Lors de la dissection, différents muscles étaient isolés : le muscle triceps brachial (TB), le muscle supra-épineux (SE). Les autres muscles étaient nommés «muscles épaule» (muEP). Les différents éléments étaient pesés et conservés pour des analyses de laboratoire ultérieures.

La mesure du pH ultime de la carcasse, 24h après l'abattage, s'est faite à l'aide d'un pH-mètre. La valeur du pH était obtenue instantanément par lecture directe sur une échelle de 1 (très acide) à 14 (très basique), dans un homogénat de muscle et de tampon à pH physiologique. Deux mesures par carcasse ont été effectuées.

Muscles prélevés	LD5	LD7	LD9	LD10	LD11	LD12	LD13	TB	SE
pH ultime (1)							<input checked="" type="checkbox"/>		
Perte eau		<input checked="" type="checkbox"/>							
Perte eau à la cuisson		<input checked="" type="checkbox"/>							
Couleur (2)			<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>	
Potentiel glycolytique	<input checked="" type="checkbox"/>								
Collagène						<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Lipides totaux				<input checked="" type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>
Acides gras					<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>

LD : Long Dorsal ; **TB** : Triceps Brachial ; **SE** : Supraépineux.

(1) : pH mètre ; (2) : Chromamètre (Colorimètre Minolta CR-400)

Tableau 2 : Les sites de prélèvements musculaires et leurs destinations analytiques lors des expérimentations.

3.3.3. Mesures au laboratoire

Les analyses effectuées au laboratoire sur les aliments étaient des analyses effectuées en routine dans le laboratoire Aliments de l'INRA-URZ. Quelques adaptations méthodologiques ont été apportées aux échantillons de type viande (temps de lyophilisation, broyage fin supplémentaire, quantités de réactifs, matériels disponibles). Les méthodes d'analyse appliquées sont des méthodes de référence utilisées dans la détermination de la qualité de la viande.

La liste exhaustive des analyses réalisées sur les aliments proposés et les refusés, sur les échantillons de carcasses broyées et sur les échantillons de gras et/ou de muscles:

- Détermination des teneurs en fibres du fourrage (Van Soest et al., 1991)
- Détermination des matières sèches (AFNOR, 2005)
- Détermination des matières minérales (Cochran and Galyean, 1994)
- Détermination de la teneur en protéines par le dosage de l'azote total (méthode de Dumas, AOAC, 1997)
- Détermination des lipides totaux par extraction à chaud à l'éther de pétrole (AOAC, 1997)

Conditions expérimentales

- Mesure de la perte en eau à la cuisson (méthode interne)
- Dosage du collagène total (Bergman and Loxley, 1963) et la mesure de sa solubilité thermique (Bonnet and Kopp, 1984)
- Dosage du glycogène (Talmant, 1989), du lactate par méthode enzymatique et détermination du potentiel glycolytique (Monin and Sellier, 1985)
- Extraction des acides gras (Rule, 1997)

Certaines de ces analyses ont été réalisées dans des laboratoires extérieurs par le biais de collaborations. C'était le cas pour la détermination des acides gras dans les échantillons de gras et de muscles (UMR, Physiologie de la Nutrition et Alimentation, Agroparistech) et la mesure du potentiel glycolytique (PG) du muscle (Unité QuaPA, équipe BPM, INRA-Theix).

*ETUDE
EXPERIMENTALE 1*

4 . ETUDE EXPERIMENTALE 1

4.1. INTRODUCTION A L'ETUDE EXPERIMENTALE 1

Influence de différentes modalités d'élevage et d'abattage sur les caractéristiques de croissance, la composition de la carcasse et de la viande de caprin Créo de Guadeloupe

Dans l'élevage caprin, le système alimentaire fréquemment utilisé est le pâturage (Alexandre et al., 1997a). Toutefois, lors des opérations de commercialisation, le poids et la conformation de la carcasse sont considérés comme insuffisants et ce qui dévalorise auprès des éleveurs et des bouchers. Alimentés à base de fourrages seuls, leur croissance est réduite et l'alourdissement des carcasses dépend d'un apport en aliments énergétiques nécessaires à une croissance optimale. Cependant, si une alimentation énergétique a un effet positif sur les performances de l'animal en croissance et ses caractéristiques de carcasses (Niekerk and Casey, 1988), elle peut aussi influencer négativement la qualité des carcasses et de la viande, comme il a été démontré chez les espèces ovine et bovine (Bessa et al., 2005).

Toutefois, hormis quelques travaux réalisés à la station INRA-Antilles Guyane (Alexandre, 1987b), nous disposions de peu d'éléments scientifiques permettant de décrire la carcasse du caprin Créo. Ainsi, comment quantifier les effets d'une stratégie d'engraissement sans témoin ?

Du fait de données technico-scientifiques insuffisantes et en dehors de pratiques précises et définitives de la filière (Alexandre et al., 2008), les questions subsistent sur l'âge et/ou du poids d'abattage optimum et les effets croisés du niveau d'alimentation sur le produit final.

L'étude expérimentale 1 a consisté à tester des facteurs de variation liés aux conditions commerciales et a eu pour objectif de décrire un optimum d'abattage zootechnique.

Dans cette expérimentation, le cabri Créo mâle était notre modèle. Des boucs entiers étaient conduits au pâturage (lot P ; n = 60) en contemporain des animaux élevés en stabulation libre qui recevaient à l'auge du fourrage à volonté. En stabulation, deux niveaux d'alimentation ont été comparés: 0 % de concentré (lot C0; n = 63) et 50 % du total de matière sèche ingérée dans la ration (lot C50 ; n = 60).

Les animaux ont été soumis à 3 durées d'engraissement à partir du sevrage (à 3 mois): 4, 8 et 12 mois et ont été abattus à âge constant: 7 (n = 61) ; 11 (n = 62) et 15 mois d'âge (n = 63). L'effectif était en moyenne de 16 animaux par lot (alimentation*âge). Il faut noter que quelques animaux ont été abattus également à l'âge de 3 mois (sevrage, n = 12).

Parallèlement, nous avons travaillé aussi à poids vif (PV) constant d'abattage dans les lots P, C0 et C50. Des chevreaux ont été abattus à 18 (n = 58), 22 (n = 79) et 26 kg PV (n = 49). Pour des raisons économiques, quelques données recueillies dans le protocole «âge» qui était conduit en concomitance et similarité complète, ont servi à agrémenter la base de données du protocole «poids». Cette méthode a permis de ramener l'effectif moyen à 12 boucs par lot (alimentation*PV), notamment par la correspondance des âges et poids d'abattage pour les lots à l'herbe à 11 et 15 mois qui correspondaient à des poids de 18 et 22 kg.

Les mesures en élevage, à l'abattoir et au laboratoire, ont été détaillées dans les parties II et III des conditions expérimentales.

Le premier dispositif a été le support de trois sous-protocoles imbriqués les uns aux autres. En effet, la première étape de valorisation des résultats du dispositif a consisté pour l'essentiel à constituer une base de données sur des premiers éléments de description de la carcasse à travers les principaux facteurs de variation (conditions pré-sevrage, modes d'alimentation post-sevrage et modes d'abattage) des performances d'engraissement du caprin Créo (publications 1 et 2). Les deux autres sous-protocoles («âge» et «poids» d'abattage) ont testé les effets de deux niveaux d'alimentation contrastés et ils ont donné lieu à 2 publications (publications 3 et 4).

4.2. PUBLICATION N°1: PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION DES PERFORMANCES D'ENGRAISSEMENT DU CAPRIN CREOLE

Revue: Tropical Animal Health and Production

Année: 2009

Volume: 41

Pages: 61-70

Titre: Growth and carcass traits of Creole goats under different pre-weaning, fattening and slaughter conditions.

Auteurs: L. Liméa, J. Gobardham, G. Gravillon, A. Nepos, G. Alexandre.

Conditions expérimentales :

L'essai a été mené sur 198 chevreaux mâles, sélectionnées selon les critères courants de sevrage de la station expérimentale, à savoir un âge au sevrage de 84 ± 15 j, un poids de $9.2 \pm 1,5$ kg et un GMQ de 86 ± 18 g/j. Les animaux ont été répartis :

en 3 groupes ($C1=62$, $C2=63$, et $C3=73$ animaux) selon les périodes de naissance,

en 4 groupes selon les GMQ de pré-sevrage ($PA1=16\%$, $PA2=35\%$, $PA3=30\%$ et $PA4=18\%$ de l'effectif total),

- en 3 groupes selon l'alimentation fourragère (pâturage, $PD=63$ animaux; fourrage tropicale à l'auge, $FD=60$ animaux) ou régime mixte (fourrage plus aliment concentré à raison de 360 g/j, $MD=63$ animaux)
- en 3 groupes selon l'âge d'abattage fixe de 7, 11 et 15 mois ($AS7=61$, $AS11=62$, $AS15=63$ animaux),
- en 3 groupes selon le poids fixe d'abattage de 18, 22 et 26 kg ($SW18=58$, $SW22=75$, $SW26=49$ animaux).

La totalité des animaux ($n=198$) a servi à décrire les performances de croissance, les caractéristiques de carcasse et les principaux facteurs de variation cités (publication 1). Dans un deuxième article (publication 2), la base de données de carcasses ($n=164$) sur les mensurations linéaires et la découpe standardisée, a servi à décrire les classes de conformation de carcasse (pris ici comme un facteur de variation).

Growth and carcass traits of Creole goats under different pre-weaning, fattening and slaughter conditions

L. Liméa & J. Gobardham & G. Gravillon &
A. Nepos & G. Alexandre

Accepted: 29 February 2008 / Published online: 18 March 2008
© Springer Science + Business Media B.V. 2008

Abstract Data of 198 male Creole kids were analysed to assess the main non-genetic sources of variation of their meat abilities. Basal diet was composed of tropical pasture (28 days): in FD (forage diet), kids received no supplement; in group MD (mixed diet) they were offered 360 g/day pellet, while in group PD (pasture diet) kids were reared at pasture without supplementation. Given a regular four-month interval of weaning within the flock, fixed ages at slaughter (AS) were 7, 11 and 15 months. Three slaughter weights (SW) were compared 17–18, 21–22 and 25–26 kg. The growth levels before weaning and the season of birth effects were added in the statistical analysis. The use of MD has a significant ($P<0.05$) effect on almost all the body and carcass traits: 85% more ADG and carcass weight. The weights of fat

tissues increased but represented only 4% of empty body weight. As expected, there were significant ($P<0.05$) differences within the SW and AS classes that are discussed. Range of variations allow for suggesting further experiments or practical recommendations. The initial results: carcass yield (55%), conformation score (more than 3), fat cover score (less than 3), proportion of primal cuts (63%) or muscle/bone ratio (3–4 points) are a good incentive for the local sector.

Keywords Carcass · Carcass cuts · Creole goat · Linear measurements · Shoulder dissection · Tropical forage

Abbreviations

ADG	average daily gain
AS	age at slaughter (3 AS classes: AS7, AS11 and AS15 at 7, 11 and 15 mo, respectively)
C	cohort to which the kid belong at birth (3C: C1, C2 and C3 order in the year)
D	diet (3 types of diets: FD forage diet, MD: mixed diet and PD: pasture diet)
EBW	empty body weight
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique- Unité Expérimentale
OFIVAL	Office de la Viande et de l'Elevage
PA	preweaning ADG of kid (4 PA classes: PA1, PA2, PA3 and PA4)
PDIN	Protéines Digestibles Dans l'Intestin (INRA system)

L. Liméa · G. Alexandre (✉)
INRA UR 143 Unité de Recherches Zootechniques,
Centre INRA-Antilles-Guyane, Domaine Duclos,
97170 Petit Bourg, Guadeloupe
e-mail: gisele.alexandre@antilles.inra.fr

J. Gobardham · A. Nepos
INRA UE 467 Domaine Expérimental de Gardel,
Centre INRA-Antilles-Guyane,
97160 Le Moule, Guadeloupe

G. Gravillon
INRA UE 503 Unité Expérimentale en Production
et Santé Animale,
Centre INRA-Antilles-Guyane, Domaine Duclos,
97170 Petit Bourg, Guadeloupe

SW	slaughter weight (3 WS classes: WS18, WS22 and WS26 at 18, 22 and 26 kg, respectively)
UFL	Unité Fourragères Lait (INRA system)

Introduction

In the French West Indies, goat production is based on Creole breed which is mainly raised in suckling system for meat production (Alexandre et al. 1999). The local demand for goat meat is remarkably higher than the local availability of either living animals or carcasses (Alexandre et al. 2008). There is an urgent need to increase goat meat production in this region as elsewhere in the Tropics (Almeida et al. 2006; Phengvichith and Ledin 2007). However, studies and data on meat productive abilities of Creole goat are scarce. Fattening and carcass performances varies widely with genotype, sex, feeding level, weight or age at slaughter (see review of Warmington and Kirton 1990; Colomer-Rocher et al. 1992; Dhanda et al. 2003; Webb et al. 2005).

In our conditions, Creole goats are reared under intensive reproductive system and subjected to 3 kidding within 2 years. This system leads to the rearing of three cohorts of kids per year (as described in Alexandre et al. 1999). High levels of productivity have been reported (Ortega et al. 2005): the doe (weighing 36.0 ± 2.7 kg) is able to produce 12.2 (± 4.6) kg of kids at weaning. However, a great phenotypic variability of pre-weaning performances (up to 33% of coefficient of variation) characterises this hardy breed). In the weaner system of production such as in sheep (Villette and Thériaux 1981; Benyi et al. 2006), pre-weaning performances may influence post weaning abilities; this factor has been included in this study.

Grazing is the most common mode of animal production and tropical forages are of moderate feeding value (Humphreys 1991; Aumont et al. 1991), and therefore, a limiting factor in animal production. High levels of performances partly depend on the supplementary intake of more energy-rich foods that has been tested in this paper.

Considering that pre-weaning parameters, environmental and husbandry conditions influence fattening performances it appeared necessary to describe the main factors of variation of the growth performances

and carcass traits in the Creole goat whose potential remains unknown and of which phenotypic variations assessment is necessary before implementing an intra-Creole goat breeding program.

Therefore the purpose of this study was to evaluate the effects of feeding system, slaughter weight, age at slaughter, cohort in the year and pre-weaning ADG on the growth performances and whole carcass weights, linear measurements, scores, organs and pieces weight in the intact male Creole goat of Guadeloupe.

Material and methods

Flock management

The study was undertaken at the INRA-Gardel experimental farm (INRA UE 467) located in the driest region of the Guadeloupe island. Characterized by three annual climatic seasons: a wet and hot season, a dry and fresh season and an intermediate season. The flock produced a 200-kid cohort (C) every four months. A total of 198 male kids were used in this experiment as followed: 62 kids in C1, 63 in C2 and 73 in C3. The flock grazed all year on irrigated stand of tropical pastures managed in a rotation system (7 d in, 28 d out per paddock). Kids were weaned at 84 days (± 15) with 9.2 kg (± 1.5) weaning weight and 86 g/day (± 18) pre-weaning average daily growth (ADG).

A regular prophylaxis was applied: treatment against ticks every 2 weeks and anthelmintic drenching every month for the suckling kids and every 1.5 to 2 months for weaned animals and adults. The animals were weighed every 15 days. At weaning 12 kids were removed from the flock to be slaughtered according to standard procedures (see below). The remaining 186 ones were allocated into the different experiment groups as described below.

Factors of variation

Three feeding systems differencing in diets (D) were compared. In the control group animals were grazing rotatively a stand of tropical pasture every 28 days (0.74 UFL and 79 g PDIN per kg DM, INRA system Aumont et al. 1991) at an average stocking rate of 1200 kg LW/ha and received no supplementation

(group PD, n=63). Two groups of animals were reared in collective pens on a slatted floor. The basal diet was composed of the same stand of tropical grass as mentioned above. In group FD (namely forage diet, n=60) kids received no supplement while in group MD (mixed diet, n=63) they were offered in addition, 360 g/day of commercial pellet (1.15 UFL and 151 PDIN g.kg⁻¹ DM per kg DM) composed of maize (68%), soybean cake (15%), wheat bran (11%), urea (1%) and vitamin and mineral supplement (5%).

Given the regular four-month interval of either kidding or weaning within the flock, fixed ages at slaughter were either 7 mo (i.e. age at weaning plus 4 months; AS7, n=61), 11 mo (AS11, n=62) and 15 months (AS15, n=63). Three end point slaughter weights (SW) were compared 17–18 kg (WS18, n=58), 21–22 kg (WS22, n=79) and 25–26 kg (WS26, n=49).

Pre-weaning husbandry conditions were defined as the cohorts (C) of kids (C1, C2 and C3 as described above) and preweaning ADG (PA) levels. The PA varied (20% of coefficient of variation) from 39 up to 135 g day⁻¹, thus four classes were defined: very low level (PA1) 62 g day⁻¹ (16% of kids), low level (PA2) 76 g day⁻¹ (35%), intermediate level (PA3) 92 g day⁻¹ (30%) and high level (PA4) 108 g day⁻¹ (18%).

Slaughtering procedure

Animals were weighed the day before slaughter, and the next day when fasting just before slaughter. After bleeding, the full digestive tract was removed, weighed full and then separated by compartment, emptied and weighed. The peritoneal and mesenteric fats were removed and weighed. Weights of head, feet, skin, liver, heart/trachea/lungs and rest (pancreas, bladder, testes, vessels) were recorded.

Dressed carcasses were weighed within 1 h (hot carcass weight), and then chilled for 24 hours at 4°C, and then weighed again (cold carcass weight). Each cold carcass was rated (from 1 to 5) according to conformation, internal and external fat based on a lightweight lamb grid (OFIVAL 2005). The perirenal fat was removed and weighed. The carcass was then cut in half lengthwise and the left side was cut according to Colomer-Rocher et al. (1987) into five joints (shoulder, neck, ribs, flank, long leg). Every joint was weighed and shoulder and leg were dissected in fat (intermuscular deposits), muscles

and bones. Other tissues such as tendons, lymph nodes, etc were separated as waste.

Several linear measurements were taken on the entire carcass (back length and buttock width) and on the half carcass (carcass length, leg length and thorax width) according to Boccard and Dumont (1976).

Data calculations and statistical analyses

Empty body weight (EBW) was calculated by subtracting values of gut content from fasted slaughter weight. The carcass yield was calculated as cold carcass weight related to EBW. The muscle to bone ratio was calculated on a weight basis.

Data were analysed by fitting a model that included the effects of type of diet (D), slaughter weight class (SW), age at slaughter (AS), cohort of kids (C), preweaning ADG level (PA) using the GLM procedures of SAS (1988).

$$Y_{ijklm} = m + D_i + SW_j + AS_k + C_l + PA_m + e_{ijklm}$$

where;

- m is the mean;
- D_i is the effect of diet ($i=1,2,3$);
- SW_j is the slaughter weight class effect ($j=1,2,3$);
- AS_k is the age at slaughter class effect ($k=1,2,3$);
- C_l is the effect of cohort to which the kid belongs ($l=1,2,3$);
- PA_m is the effect of class of preweaning ADG of kid ($m=1,2,3,4$);
- e_{ijklm} is the residual term.

Initial liveweight was used as a covariate on fattening ADG. Slaughter weight (kg) and age at slaughter (days) was added as covariates and were kept in the model if they reach significance.

Results and discussions

At slaughter, two kids appeared to have broken ribs and very bad body condition then, their relative data were removed from the result section.

Effect of the feeding system

The feeding system was observed to have a significant effect on almost all the body and carcass traits

Table 1 Growth and carcass performances of Creole male kids according to feeding system, weight and age at slaughter and preweaning conditions

	Number of kids	Preweaning ADG (g/d)	Fattening ADG (g/d)	Fasted weight (kg)	Age at slaughter (d)	Empty body Weight (kg)	Hot Carcass weight (kg)	Carcass Yield (%)
At weaning: mean (SE)	12	83 (18)		7.9 (2.4)	101 (5)	6.6 (1.2)	3.4 (1.3)	50.1 (2.7)
After weaning: mean (SE)	184	86 (15)	58 (18)	19.7 (8.1)	324 (18)	16.6 (2.7)	8.8 (10.8)	55.0 (5.4)
Feeding system								
Pasture grazing	63	85	42.5	18.0	342	13.2	7.3	52.6
Forage diet	59	86	46.6	19.6	324	13.9	7.8	53.7
Mixed diet	62	83	82.6	27.6	306	22.9	14.0	57.2
Significance		NS	**	**	**	**	**	**
Slaughter weight								
SW 18	57	86	47.8	16.7	267	13.2	7.5	54.6
SW 22	79	84	50.4	19.7	329	16.0	9.1	55.4
SW 26	48	85	54.0	22.9	401	18.9	10.8	56.3
Significance		NS	*	**	*	**	**	*
Age at slaughter								
AS 7	60	84	60.9	16.1	219	12.1	6.6	53.0
AS 11	61	85	61.4	22.7	326	17.7	10.2	56.5
AS 15	63	84	51.3	26.4	429	20.0	12.3	59.0
Significance		NS	*	**	**	**	**	*
Cohort of kids								
C1	55	84	60.8	21.2	363	18.5	10.2	55.7
C2	56	83	72.4	21.2	326	18.7	10.0	55.0
C3	73	86	65.6	21.0	344	16.8	9.9	55.4
Significance		NS	*	NS	*	*	NS	NS
Pre-weaning ADG								
PA1	29	61	64.8	20.8	353	16.9	9.9	55.7
PA2	65	76	61.2	20.9	346	17.0	9.8	55.4
PA3	56	92	65.7	22.0	346	18.0	10.5	55.9
PA4	34	108	62.4	22.7	334	17.8	10.8	56.2
Significance		***	NS	**	**	*	*	NS

studied, except for weights of the lung, heart and kidney (Table 2). The inclusion of 45% concentrate in the diet was responsible for approximately 85% of the increasing ADG and consequently of the carcass weight but only 8% in carcass yield (Table 1). This relative slight increase can be explained by the mode of calculation: stomach and skin weights can affect dressing percentage when the live weight are recorded, in our case, the carcass output was reported to EBW (stomach content was then subtracted) however, the empty gut weight was higher in forage fed kids and skin heavier in MD kids (Table 2).

As a result of carcass weight increase, the body components (Table 2) were heavier (15 to 41% more; $P<0.05$) and weights of carcass cuts (Table 3) increased noticeably (24, 28, 43% of increasing ($P<$

0.05) for the leg, shoulder and neck, respectively). For supplemented kids, the conformation (Table 4) largely gained ($P<0.05$) 1 point more, the back length and buttock width (Table 4) 1.5 cm more, and the muscle proportion in the shoulder (Table 5), 2 points more. This latter appeared to be very satisfactory for this hardy genotype compared to other tropical goat (Gallo et al. 1996).

The fat scores (Table 4) and fat tissue weights (Table 5) increased significantly with the energy-rich mixed diet. Particularly the omental and perirenal fat were three times heavier than the other two D. The fat cover score (Table 4) reached only the value 3 (on a 5 point-scale). The increase of the fat deposits and scores could appear as a limit in the use of energy rich diet. However, they represented only 4% of the EBW

Table 2 Weights of body components (g) of Creole male kids according to feeding system, weight and age at slaughter and preweaning conditions

	Skin	Head	Feet	Empty gut	Liver	Lung/heart	Kidney
At weaning: mean (SE)	558 (162)	700 (17)	290 (84)	805 (168)	179 (40)	181 (51)	34 (5)
After weaning: mean (SE)	1326 (142)	1572 (114)	525 (42)	1540 (36)	355 (37)	367 (45)	57 (17)
Feeding system							
Pasture	1225	1487	510	1637	390	357	55
Forage diet	1227	1550	509	1526	308	363	52
Mixed diet	1731	1796	563	1375	348	388	61
Significance	**	**	**	**	**	NS	NS
Slaughter weight							
SW 18	1205	1441	468	1350	326	327	50
SW 22	1410	1666	529	1463	344	362	51
SW 26	1568	1727	584	1614	376	419	67
Significance	**	**	**	*	**	*	*
Age at slaughter							
AS 7	1266	1453	544	1486	334	370	56
AS 11	1380	1561	524	1474	355	372	63
AS 15	1538	1819	514	1578	357	365	49
Significance	**	**	NS	NS	NS	NS	NS
Cohort of kids							
C1	1790	1712	571	1456	354	383	60
C2	1853	1692	544	1454	360	407	66
C3	1854	1646	555	1368	373	380	65
Significance	NS	NS	*	NS	NS	*	NS
Preweaning ADG							
PA1	1720	1640	539	1503	362	382	68
PA2	1794	1660	550	1517	366	381	61
PA3	1879	1760	583	1558	369	410	64
PA4	1825	1780	593	1559	375	414	61
Significance	NS	**	**	NS	NS	*	NS

values that are lower than those reported for sheep in similar conditions (15%). Moreover, regardless of the feed level and the internal fat score and weights, the goat carcasses had a highly acceptable fat cover score. Goats are well known to have fat deposits mainly in the abdominal cavity (Kempster 1981; Warmington and Kirton 1990). We must maintain this apparent ability of Creole kids to deposit less external fat by using an adapted feed strategy in order not to depreciate the carcass and to avoid a detrimental long-term impact on human health.

The growth performances obtained for these Creole kids reared indoors and under a relative intensive feeding system represent about 2 fold more than for those fed grass alone. Higher values were observed (92 to 148 g/d) for other tropical goats fed with high-energy rations (Mahgoub and Lu 1998; Dhanda et al. 2003; Almeida et al. 2006; Phengvichith

and Ledin 2007). However, the relative growth rate calculated as a ratio of fattening ADG to birth weight, reached 4.5% for Creole bucks and were very similar to those of Batina (4.1%, Mahgoub and Lu 1998) or Boer intact male goats (4.3%, Dhanda et al. 2003). Based on these traits, there seemed to have scope for improvement of meat production with Creole breed reared under adequate feeding systems.

The distribution of primal cuts remained similar (approximately 61%) irrespective of the feeding system. The leg represented 31% of the carcass and varied on the same scale as the well-conformed genetic breeds (28 to 33%) as reported by Sen et al. (2004) and Webb et al. (2005).

The comparisons between the two groups of unsupplemented kids (PD vs. FD) show that significant ($P<0.01$) variations appeared only for ADG (Table 1, - 10%), fasted weight (Table 1, - 9%),

Table 3 Weights carcass cuts (g) of Creole male kids according to feeding system, weight and age at slaughter and preweaning conditions

	Shoulder	Neck	Long leg	Ribs	Flank
At weaning (SE)	377 (92)	196 (64)	617 (221)	454 (78)	246 (77)
After weaning (SE)	830 (78)	539 (91)	1309 (124)	981 (18)	621 (83)
Feeding system					
Pasture	774	475	1251	923	565
Forage diet	792	515	1249	1021	612
Mixed diet	1001	710	1552	1153	717
Significance	**	**	**	**	**
Slaughter weight					
SW 18	738	472	1156	873	521
SW 22	867	581	1369	1020	639
SW 26	962	647	1527	1154	734
Significance	***	**	**	**	**
Age at slaughter					
AS 7	809	483	1291	907	617
AS 11	852	567	1317	1014	651
AS 15	907	650	1444	1125	625
Significance	**	**	**	*	NS
Cohort of kids					
C1	955	653	1474	1196	674
C2	911	636	1412	1115	688
C3	934	615	1428	1080	719
Significance	*	NS	NS	NS	NS
Preweaning ADG					
PA1	927	634	1409	1092	688
PA2	916	628	1412	1087	684
PA3	972	669	1504	1132	732
PA4	997	667	1550	1182	737
Significance	*	NS	*	NS	NS

weights of empty total gut (Table 2, + 7%) and liver (Table 2, + 21%). The lower kid's ADG fed at pasture could be explained by the exposure to parasitic infestations (Aumont et al. 1997) associated with pasture grazing as against indoor feeding. Phengvichith and Ledin (2007) have reported negative effects of gastrointestinal parasites on goat carcass traits in Laos. Also, higher weight of liver could be explained by the liver function in the immune system as regarded the parasitism impact undergone by the PD kids.

There was no significant effect of the grass feeding mode on the carcass yield (Table 1), but a good level yield was obtained and was higher than for other tropical breeds fed forage only (Mahgoub et al. 2005; Phengvichith and Ledin 2007).

Significant differences ($P<0.05$) between pasture and forage diet groups were observed for the weights

of the necks and ribs only (Table 3), approximately 9% more for FD than for PD probably in relation with their higher growth pattern. There was a significant effect ($P<0.01$) of feeding system on the tissue partitioning of the shoulder (Table 5) which varied diversely. The muscle proportion reached 71–74% and the muscle to bone ratio 3–4 points and can be compared to the good fleshy breeds (Webb et al., 2005).

Effects of weight and age at slaughter

Animals on concentrate-based diets have higher ADG than those fed only forage and thus, animals slaughtered at a constant age have different weights and those slaughtered at a constant weight have different ages. For this reason, it is difficult to discuss them separately.

Table 4 Linear measurements (cm) and qualitative scores (1–5 scale) of carcass of Creole male kids according to feeding system, weight and age at slaughter and preweaning conditions (W=weaning)

	Back length	Buttock width	Thorax width	Leg length	Carcass length	Conformation	Fat cover	Internal fat	Colour
At W: mean (SE)	32.9 (6.2)	10.4 (1.4)	18.2 (2.1)	27.0 (2.1)	43.8 (3.9)				
After W: mean (SE)	46.1 (1.5)	13.6 (0.6)	23.9 (1.1)	33.0 (1.9)	55.4 (1.7)	3.2 (0.6)	2.4 (0.7)	2.7 (0.7)	2.4 (0.4)
Feeding system									
Pasture	45.4	13.0	23.3	32.6	54.5	2.8	2.1	2.4	2.1
Forage diet	45.3	13.7	23.6	32.2	54.2	2.9	2.0	2.2	2.9
Mixed diet	47.8	14.7	25.2	34.5	56.8	4.1	3.0	3.6	3.3
Significance	*	*	*	*	*	**	*	**	*
Slaughter weight									
SW 18	44.6	13.0	23.2	31.1	52.4	2.9	2.3	2.3	2.4
SW 22	46.2	13.8	23.8	33.2	55.3	3.5	2.3	2.9	2.4
SW 26	48.0	14.4	24.9	34.7	57.7	3.9	2.4	3.1	2.5
Significance	**	**	*	**	**	**	NS	*	NS
Age at slaughter									
AS 7	44.4	12.6	22.9	31.0	52.8	2.7	2.0	2.1	2.1
AS 11	45.5	13.9	24.4	33.6	56.0	3.5	2.6	2.9	2.8
AS 15	48.1	14.3	25.1	34.4	57.6	3.7	2.5	3.2	3.2
Significance	**	*	**	*	**	*	*	*	*
Cohort of kids									
C1	46.8	14.0	24.2	33.5	55.7	3.0	2.9	3.0	2.0
C2	45.5	13.9	23.9	33.0	55.8	2.9	2.6	2.5	2.4
C3	46.4	13.8	24.6	33.8	55.9	3.1	2.1	3.1	2.7
Significance	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	*
Preweaning ADG									
PA1	45.2	13.7	23.9	32.5	54.9	2.3	2.4	2.6	2.3
PA2	46.2	13.9	24.3	33.4	55.6	2.3	2.3	2.8	2.3
PA3	46.9	14.2	24.3	34.2	56.5	2.5	2.7	3.0	2.5
PA4	47.7	14.4	25.0	34.3	57.5	2.4	2.7	2.9	2.4
Significance	**	NS	*	*	**	NS	NS	NS	NS

There were significant ($P<0.05$) differences among SW classes for many traits except for the qualitative scores, muscle and bone proportions. The differences among the three classes of SW (34% between the two extremes) were related only to 12% differences for fattening ADG but resulted in 40% increase of carcass weight (Table 1). Also, the cold carcass yield improved but did not differ significantly between the last two SW classes. These observations agree with Prasad and Kirton (1992) and Webb et al. (2005). The present yield (mean of 56%) was within the range of values reported by Mahgoub et al. (2005) or Webb et al. (2005) for the same range of slaughter weights. An encouraging conclusion for these initial fattening experiments with Creole breed.

There was a gradual increase ($P<0.01$) for all the body components and carcass pieces (Tables 2 and 3,

140 g more from one SW class to another) and in the leg and carcass lengths (Table 4, approximately 1.7 cm by SW class) or buttock width (0.7 cm). Thus conformation score (Table 4) improved noticeably and reached a very satisfactory 3 to 4 score. All the anatomical regions of the carcass consistently (Table 3, $P<0.05$) increased in weight. The average value and the range of variation partly reflects the gain in volume (or in muscle), although it is well known that conformation is very difficult to assess based only on these sole traits (Prasad and Kirton 1992; Webb et al. 2005). Regardless of carcass weight, the distribution of primal cuts (calculated as a percentage of carcass weight) was similar and approximated 63%. Creole kids seemed to present cut proportions that are higher than the values recorded for other tropical bucks (Criollo goat in Chile, Gallo et al. 1996; Boer goat in

Table 5 Weights of fat (F) deposits in the carcass (g) and proportion (%) of tissues (fat, bone, muscle) in the shoulder of Creole male kids according to feeding system, weight and age at slaughter and preweaning conditions (W=weaning)

	Omental F	Perirenal F	Mesenteric F	Bone	Muscle	Fat	Muscle/ bone	Bone (%)	Muscle (%)	Fat (%)
At W: mean (SE)	35 (7)	45 (9)	94 (21)	103 (36)	177 (75)	32 (20)	1.7 (0.6)	33.1 (9.0)	56.7 (18.0)	10.3 (9.0)
After W: mean (SE)	151 (72)	109 (55)	239 (59)	177 (15)	453 (56)	46 (16)	2.6 (0.3)	26.2 (2.1)	67.5 (8.1)	6.7 (2.3)
Feeding system										
Pasture	119	132	248	154	468	31	3.0	23.9	71.5	4.6
Forage diet	163	103	235	165	526	40	3.2	23.2	71.2	5.6
Mixed diet	454	342	396	244	960	93	3.9	19.2	73.6	7.3
Significance	**	**	*	**	**	**	*	*	**	**
Slaughter weight										
SW 18	119	72	207	154	482	44	3.1	22.5	69.3	6.2
SW 22	164	134	222	180	603	48	3.6	21.4	70.8	5.6
SW 26	228	149	309	205	724	59	3.5	20.3	71.5	5.8
Significance	**	*	**	**	**	*	NS	*	NS	NS
Age at slaughter										
AS 7	178	130	241	144	451	40	3.1	23.5	70.6	5.9
AS 11	252	166	294	197	693	62	3.5	21.5	72.2	6.3
AS 15	279	262	331	218	803	63	3.7	20.8	73.8	5.4
Significance	*	**	*	*	**	*	*	*	**	*
Cohort of kids										
C1	271	155	270	205	569	50	2.8	25.0	69.0	6.1
C2	296	205	307	198	664	81	3.4	21.2	70.0	8.9
C3	201	147	277	178	648	64	3.7	20.1	72.9	7.2
Significance	*	*	**	NS	NS	*	*	*	*	*
Pre-weaning ADG										
PA1	259	151	289	185	628	59	3.4	21.2	72.0	6.7
PA2	228	147	272	188	589	59	3.1	22.5	70.4	7.1
PA3	271	177	290	202	646	72	3.2	22.1	70.3	7.8
PA4	304	231	324	200	645	70	3.3	21.9	70.5	7.6
Significance	*	**	**	*	*	**	NS	NS	*	*

South Africa, Almeida et al. 2006), although it is difficult to compare cutting techniques.

The internal fat scores varied significantly by one point from the lighter to the heavier carcasses (Table 4). In fact, the weight of the peritoneal and kidney fat tissues increased (Table 5, $P<0.05$) at approximately 100 g (between the extremes). However, they represented only 3.0 to 3.6% of the EBW and did not under graded the carcass. Similarly, no significant effect was observed on fat cover scores which remained at a very satisfactory level of 2.3 on 5 point-scale.

As expected for the age effect, the longer the duration of fattening, the higher the variation in weights. This resulted in significant ($P<0.05$) increase for weights of carcass, skin, head and the main

carcass pieces: 11% more for the shoulder or leg weight, 22% for the ribs, 32% for the neck (Table 3, difference between the two extremes). The more pronounced and regular variation was observed for the neck weight. It is well known that age is responsible for sexual maturation in entire male. This is underlined also by the 25% variation obtained for the head weight (Table 2).

The carcass measurements (Table 4) increased regularly within the 3 SW classes. These are in concordance with conclusions of Attah et al. (2004) for two West African breeds. The buttock width and leg length were shorter only for the younger kids (AS7 compared to the two other AS classes). The linear carcass measurements are indices of skeletal development and indirectly help to determine carcass

conformation. According to review of Boccard and Dumont (1976) they are dependent on genotype, sex and feeding regimen (inducing differences in growth patterns and weight).

Effects of pre-weaning conditions

The growth performances varied with the cohort which is probably linked to the seasonal effect on forage quality reported for many tropical grass (Humphreys 1991). Seasonal effect was observed only for weights of the feet (Table 2), shoulder (Table 3) and internal fat score (Table 4) which lowered in C2 than in the other two and the lung/heart was higher for this season. The abdominal fat tissues (Table 5) were heavier ($P < 0.05$) in C2 and this could be due to the increasing ADG and a well known seasonal phenomenon of body reserve accumulation observed also in wild herbivores (Suttie et al. 1983). Kids belonging to C2 cohorts were suckled and fattened during the more favourable seasons (dry and intermediate seasons, respectively) as reported by Ortega et al. (2005).

The pre-weaning ADG levels had significant effect ($P < 0.05$) on fattening performances and carcass traits that resulted in gradual variation for fasted and carcass weights (Table 1). Significant ($P < 0.05$) differences appeared for weights of head, feet, lung/heart (Table 2), shoulder and leg (Table 3) between two groups of kids: classes 1 and 2 vs. classes 3 and 4. There were similar conclusions for carcass measurements (Table 4). The lower ADG class seemed to give the best results in terms of tissue proportion in the shoulder (muscle/bone ratio reaching 3.4). Further research is required for a better understanding of this result. Mahgoub and Lu (1998) reported that small size goats (Dhofari) had a higher carcass muscularity than large size ones (Batina).

The Creole kids are a native tropical breed which is not yet selected for growth performances and a large variability still appeared for many traits. The individual variability in pre-weaning ADG at the beginning of the trial was about 20%, similar trend of variability (individual differences) was also observed for the fattening growth throughout the study (27%), probably reflecting the genetic growth potential of this Creole breed. However, the difference in pre-weaning ADG was 76% between the two extreme classes and resulted in only 10% increase for carcass or leg

weight. It is important to note that the fattening ADG did not vary significantly according to the pre-weaning growth class, which may be explained by the experimental design: when allotting the kids within the different experimental groups, birth and weaning weights together with pre-weaning ADG were balanced. Nevertheless, given the improvement observed like the gain of 140 g more for the leg (over an average 1309 g) or 2.5 cm back length more (over an average 46 cm) and 0.7 cm buttock width more (over an average 13.6 cm), it could then be argued that to obtain a good meat production adequate nursing husbandry conditions cannot be overlooked.

The two latter factors of variation were responsible for only 10 to 14% of the explained variance. Between these factors, the PA factor was predominant, only for carcass linear measurements. For further breed evaluation, it could be recommended to study more particularly the relationships between growth potential during the nursing period of life and size, shape and conformation of both living animal and carcass.

Conclusions

Feeding systems, weight and age at slaughter are very relevant factors of variation of meat abilities of the Creole male kids, as expected. Although the two factors of variation linked to pre-weaning conditions are not the most relevant causes of traits variability, they must be taken into account in future experiments in order to adjust the different traits (mostly those concerning fattening performances and carcass measurements) for pre-weaning ADG and season of kid cohorts.

This initial study provides the basis for estimating the non-genetic effects of sources of variation of fattening and carcass traits and allows a well-documented evaluation of this hardy tropical breed not yet selected. In order to build a breeding program, further researches on the assessment of production potential of this breed requires a larger data base on individual performances under controlled management. It will be important to also determine, carcass and meat qualities attributes together with the main sources of variation.

Based on the main traits and qualitative scores of the Creole goat carcass, these preliminary results

seemed to be a good incentive for the local goat sector. Creole meat goats exhibit good fattening capacities provided management (nutrition and slaughter strategies) is adequate, which is not very frequent in tropical conditions. It seems possible to increase the growth and to obtain improved well-conformed and heavier carcasses, with no apparent detrimental effect on the carcass fat. However, the quality in the profile of lipids can be altered so further studies are required in order to conclude about the meat quality

Acknowledgements The authors would like to thank C. Anais, B. Bocage, R. Arquet and O. Coppry for their technical help. They are grateful to L. Onyeka for english corrections to the manuscript. This study was supported by the “Region Guadeloupe” and the “European Community” (FEOGA).

References

- Alexandre, G., Asselin de Beauville, S., Shitalou, E. and Zebus, M. F., 2008. An overview of the goat meat sector in Guadeloupe: conditions of production, consumer preferences, cultural functions and economic implications, *Livestock Research for Rural Development*, 20, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1/alex20014.htm>
- Alexandre, G., Aumont, G., Mainaud, J.C., Fleury, J. and Naves, M., 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole goats during the suckling period, *Small Ruminant Research*, 34, 157–162
- Almeida, A.M., Schwalbach, L.M., de Waal, H.O., Greyling, J. P.C. and Cardoso, L.A., 2006. The effect of supplementation on productive performance of Boer goat bucks fed winter veld hay, *Tropical Animal Health and Production*, 38, 443–449.
- Attah, S., Okubanjo, A.O., Omojola, A.B. and Adesehinwa, A. O.K., 2004. Body and carcass linear measurements of goats slaughtered at different weights, *Livestock Research for Rural Development*, 16, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/8/atta16062.htm>
- Aumont, G., Caudron, I. and Xande, A., 1991. Tables des valeurs alimentaires de fourrages tropicaux de la zone Caraïbe et de la Réunion, (Edition SRZ, INRA-Guadeloupe)
- Aumont, G., Pouillot, R., Simon, R., Hostache, G. and Barré, N., 1997. Parasitisme digestif des petits ruminants des Antilles Françaises, *INRA Productions Animales*, 10, 79–90.
- Benyi, K., Norris, D., Karbo, N. and Kgomo, K.A., 2006. Effects of genetic and environmental factors on pre-weaning and post-weaning growth in West African crossbred sheep, *Tropical Animal Health and Production*, 38, 547–554.
- Boccard, R. and Dumont, B.L., 1976. La qualité des carcasses ovines. In: INRA-ITOVIC (eds) *Proceedings of the 2nd Journées de la Recherche Ovine Caprine: Croissance, engrangissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux*, 44–78.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A. H., Merces, G. J. K. and Duganzich, D.M., 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights, *Small Ruminant Research*, 7, 161–173.
- Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P. and Kirton, A.H., 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation, *Livestock Production Science*, 17, 149–159.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G. and Murray, P.J., 2003. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter, *Small Ruminant Research*, 50, 57–66.
- Gallo, C., Le Breton, Y., Wainwright, I. and Berkoff, M., 1996. Body and carcass composition of male and female Criollo goats in the South of Chile, *Small Ruminant Research*, 23, 163–169.
- Humphreys, L.R., 1991. Tropical pasture utilization, (Cambridge University Press, Great Britain)
- Kempster, A.J., 1981. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review, *Meat Science*, 5, 83–98.
- Mahgoub, O. and Lu, O. D., 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes, *Small Ruminant Research*, 27, 267–278.
- Mahgoub, O., Lu, O. D., Hameed, M. S., Richie, A., Al-Halabi, A. S. and Annamalai, K., 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolise energy densities, *Small Ruminant Research*, 58, 175–180.
- OFIVAL 2005. [09/01/05]. <URL: <http://www.ofival.fr/guide-pcm-ext/page-web/p-31a34.htm>>
- Ortega-Jimenez, E., Alexandre, G., Arquet, R., Coppry, O., Mahieu, M. and Xandé, A., 2005. Pre-weaning productivity of suckling goats and sheep in Guadeloupe (F.W.I.) under intensive reproductive rate and grazing management, *Tropical Animal Health and Production*, 37, 151–165.
- Phengvichith, V. and Ledin, I., 2007. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats, *Tropical Animal Health and Production*, 39, 59–70.
- Prasad, V.S.S. and Kirton, A.H., 1992. Evaluation and classification of live goats and their carcasses and cuts. In: IGA (ed), *Proceedings of the 5th International Conference on Goats*, New Delhi, India, 1992, (International Academic Publishers), 440–449.
- SAS 1988. 4th edition, vol 2, (Cary, NC, SAS Institute Inc)
- Sen, A.R., Santra, A. and Karim, S.A., 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions, *Meat science*, 66, 757–763.
- Suttie, J.M., Goodall, E.D., Pennie, K. and Kay, R.N., 1983. Winter food restriction and summer compensation in red deer stags, *British Journal of Nutrition*, 50, 737–747.
- Villette, Y. and Theriez, M., 1981. Influence du poids à la naissance sur les performances d'agneaux de boucherie. II. Composition corporelle et chimique d'agneaux abattus au même poids, *Annales de Zootechnie*, 30, 169–181.
- Warmington, B.G. and Kirton, A.H., 1990. Genetic and non-genetic influence on growth and carcass traits of goats, *Small Ruminant Research*, 3, 147–165.
- Webb, E.C., Casey, N. and Simela, L., 2005. Goat meat quality, *Small Ruminant Research*, 60, 153–166.

4.3. PUBLICATION N°2 : VARIATIONS DES DESCRIPTEURS DE LA CONFORMATION DE CARCASSE DES CAPRINS CREOLES DE GUADELOUPE

Revue: Tropical Animal Health and Production

Année: 2009

Volume: DOI 10.1007/s11250-009-9451-3

Titre: Carcass conformation and cut composition of Creole goat from Guadeloupe.

Auteurs: L. Liméa, B. Bocage, R. Arquet, M. Mahieu, and G. Alexandre

Conditions expérimentales :

Les conditions nutritionnelles et de management sont les mêmes que celles de la publication 1. Cinq classes de conformation (selon la grille de classement «agneaux légers») ont été dégagées du jeu de données expérimentales. Dans cet article, la classe de conformation est un facteur de variation. Les facteurs de variation liés au niveau d'alimentation, au poids et à l'âge d'abattage (Liméa et al., 2009, publication 1) ont été codés dans la base de données. Certains animaux n'ont pas été inclus dans cette base de données ($n=164$) pour cause de données manquantes ou d'homogénéité des conditions expérimentales (les chevreaux sevrés ont été exclus par exemple). La base de données porte sur les variables de poids, de rendement, d'état d'engraissement des carcasses; sur les mensurations linéaires (méthode standardisée de Colomer-Rocher et al., 1987); sur les poids de morceaux issus de la découpe standardisée et les calculs d'index linéaires et pondéraux.

L'objectif est de fournir des données factuelles à la filière entière afin que les agents disposent d'un langage commun et d'éléments tangibles d'appréciation. Par ailleurs, sachant que les données et méthodes en caprins viande sont rares dans la littérature, ce travail a tenté de jeter les premières bases sur l'analyse de la variabilité des critères de discrimination entre les classes de conformation de carcasses caprines.

Carcass conformation and cut composition of Creole goat from Guadeloupe

Léticia Liméa & Bruno Bocage & Rémy Arquet &
Maurice Mahieu & Gisele Alexandre

Accepted: 13 August 2009
© Springer Science + Business Media B.V. 2009

Abstract Carcass data base of 164 Creole male goats was used in order to provide factual data on the carcass conformation. Standardised procedures of carcass measuring and cutting were followed. The European official grid of light lamb is implemented for meat goat in the French West Indies and included five levels. Weights of carcass, cuts and tissues, quality scores and linear measurements were analysed. Feeding system, age at slaughter and weight were taken into account for statistical analysis. There were significant differences among carcass conformation classes (CC) for many traits except for the fat score, leg length and compactness ratio (carcass width on length): 2.2, 34.5 cm and 0.30 on average, respectively. The values of chilled carcass weight

and yield and the carcass linear measurements steadily increased until conformation class 4 or 5: 6.7 to 11.2 kg, 49% to 55% and 52.4 to 58.0 cm carcass length. For the weights of carcass cuts, significant differences appeared between two groups: classes 1 and 2 vs. classes 3, 4 and 5. Regardless of the carcass weight, the distribution of prime cuts remained similar. The indices calculated on a weight basis (kg/cm), either for the carcass or the leg, increased significantly ($P<0.01$): with 54% and 63% difference between the two extreme classes, respectively. The muscle, bone and fat proportions in the shoulder did not vary between CC with 0.72, 0.22 and 0.06, respectively. Corresponding traits in leg were 0.74, 0.23 and 0.03; the last two were different ($P<0.05$) from class 1 to class 5. The muscle/bone ratios calculated either in shoulder or in leg ranged from 3.1 to 3.6 ($P>0.05$).

L. Liméa · M. Mahieu · G. Alexandre (*)
INRA UR 143 Unité de Recherches Zootéchniques,
Centre INRA-Antilles-Guyane, Domaine Duclos,
97170 Petit Bourg, Guadeloupe
e-mail: gisele.alexandre@antilles.inra.fr

B. Bocage
INRA UE 503 Unité Expérimentale en Production et Santé
Animale, Centre INRA-Antilles-Guyane, Domaine Duclos,
97170 Petit Bourg, Guadeloupe

R. Arquet
INRA UE 467 Domaine Expérimental de Gardel,
Centre INRA-Antilles-Guyane,
97160 Le Moule, Guadeloupe

Keywords Carcass conformation · Carcass cuts · Creole goat · Linear measurements · Tissue dissection

Abbreviations

CC	Carcass conformation (5CC classes: CC1 to CC5 according to CEE, 2007)
EBW	Empty body weight
FWI	French West Indies
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique- Unité Expérimentale
SW	Slaughter weight

Published online: 04 September 2009

Springer

Introduction

Goat farming systems in the French West Indies (FWI) are based on the use of the Creole goat breed and on grazed pastures. The Creole goat is known for its high weaner productivity (Mahieu et al. 2008) and its genetic ability to resist gastro-intestinal parasites (Mandonnet et al. 2001). A genetic improvement programme on this breed is presently under way (Alexandre and Mandonnet 2005). The Creole goat is a medium-sized meat breed with a traditional slaughter weight of 18 kg which can be reached at 6 to 18 months of age, depending on the system (Mahieu et al. 2008). Accordingly, butchers and farmers of the formal sector have called attention to the prevailing low carcass weight and poor carcass conformation. This they considered as very negative traits (Alexandre et al. 2008); even so, there has been very little work done in this regard. Thus, the last decade has witnessed increasingly cases of importations of exotic heavy breeds that are not well adapted to the natural and socio-economic conditions. As in other regions (Omondi et al. 2008), the local goat industry in the FWI (Alexandre et al. 2009) faces a “fundamental” threat to its very existence which will eventually result in loss of genetic diversity which is known to be a guarantee for the future Dubeuf and Boyazoglu (2009). In the FWI, the striking trend of importing of live exogenous animals or frozen carcass have seen a gradual decline in the ratio of local production/local demand (Alexandre et al. 2008). To effectively reverse this trend and the anarchic crossing of the native goat with whatever exogenous breed, the breeding programme has to include traits of carcass conformation and cut composition. Besides, with the need to increase marketing of local goat carcasses, extra effort must be made to closely address the need of the formal sector and the modern butcher.

Carcass conformation or shape in meat animals is traditionally an important trait to stud breeders and meat traders. Conformation is defined (review of Laville et al. 2002) as the depth of flesh relative to skeletal dimension and is greatly influenced by the quantity of fat in the carcass. Laville et al. (2002) stated that this causes problem in distinguishing between carcass shapes that are influenced by fat and those that result from underlying differences in lean/bone ratio, tissue distribution and bone traits.

Studies have begun with Creole male goats, in the field of carcass characteristics and meat quality in relation to feeding systems and slaughter conditions (Liméa et al. 2009). This has facilitated the construction of a data base on many of the carcass traits (yield, quality scores, carcass cuts and linear measurements). Given that an effective grading system for feeder kids is needed for standardised description and reporting of genotype (and/or system) value differences, the objective of this study was to define the carcass traits and determine the range of variation linked to carcass conformation in order to provide factual data to the goat meat sector.

Materials and methods

Data was collected on 164 male goat carcasses. All conditions dealing with nutrition (level of supplement) and management (age and weight at slaughter) have been described previously (Liméa et al. 2009) and were coded in the data base. Prior to slaughter, each goat was weighed after fasting for 24 h. Weights of all organs were taken during the slaughter process. The weight of the gastro-intestinal tract and all of its contents were recorded prior to and after cleaning. Hot carcass and chilled carcass weights (24 h post slaughter) were taken. The carcass was graded according to conformation, fat cover and internal fat scores determined for light lambs (CEE n° 2137/92 which consolidated version is CEE 2007) that has been extended to goat meat (CEE n° 2529/2001, which consolidated version is CEE 2005). In the annexes I to III of CEE n° 2137/92, the different grids are described. The conformation grid (five levels) is based both on the development of carcase profiles, in particular the essential parts (hindquarter, back, shoulder) and on muscle development: the profiles are convex, straight or concave, and the muscle development is graded as very poor to very good development. The external and internal fat scores (five levels) are based on the amount of fat on the outside of the carcase and in the thoracic cavity, respectively (from low:none up to very high:thick fat cover and heavy amounts in the thoracic cavity).

Carcass measurements were taken and included; on the entire carcass, length of the back and buttock width, and on the left side, carcass length, leg length and thoracic depth. Weights of the cuts (leg, shoulder,

neck, loin, ribs, flank) were recorded according to procedures outlined by Colomer-Rocher et al. (1987). The muscle, bone and fat of the right shoulder and leg were dissected. The total separated weights of muscle, bone and fat were recorded, and the respective percentages were calculated.

Empty body weight (EBW) was computed by subtracting the weight of the gut content from the slaughter weight. Cold carcass yield was the ratio chilled carcass weight/EBW. Indices calculated were (1) carcass compactness, buttock width/back length; (2) leg compactness, buttock width/leg length; (3) carcass index, carcass weight/carcass length; and (4) leg index, leg weight/leg length.

General linear model (SAS software) procedures were used to adjust data to the following sources of variation: feeding level, age at slaughter and conformation class. For more details, see the previous paper on the same data base (Liméa et al. 2009). In addition, carcass quality scores and cut weights were studied

with the weight used as a covariate, which was only kept in the model when significant.

Results

There were significant ($P < 0.01$) differences among the carcass conformation classes (CC) for many traits except for the fat scores, leg length and compactness ratios of leg and carcass (Table 1). The fasted and carcass weights steadily increased ($P < 0.01$) within the conformation classes (Table 1). The carcass yield significantly differed from the lowest to the highest conformation grades (six to three points more).

The values of carcass linear measurements regularly increased until conformation class 4 or 5. The carcass and leg compactness varied from one CC to another (15 and 56 points more, respectively), but the differences failed to be significant (Table 1). The indexes (Fig. 1) calculated on a weight basis (kg/cm),

Table 1 Carcass yield and scores, weights of carcass cuts, carcass indices of Creole goat according to conformation classification

Conformation	1	2	3	4	5	Significance
Carcass characteristics						
Fasted weight (kg)	14.9 ^a	17.9 ^b	20.9 ^c	22.5 ^d	23.9 ^d	$P < 0.01$
Carcass weight (kg)	6.7 ^a	7.8 ^b	9.6 ^c	10.5 ^{cd}	11.2 ^d	$P < 0.01$
Carcass yield (%)	48.8 ^a	52.1 ^b	55.2 ^c	55.6 ^c	55.0 ^c	$P < 0.05$
Carcass scores						
Fat cover (1–5)	1.7	1.7	2.4	2.3	2.7	NS
Internal fat (1–5)	1.5	2.0	2.7	2.9	2.9	NS
Carcass measurements						
Back length (cm)	42.9 ^a	44.9 ^b	48.6 ^c	48.1 ^c	47.8 ^c	$P < 0.01$
Buttock width (cm)	12.5 ^a	13.2 ^a	14.9 ^b	14.8 ^b	14.9 ^b	$P < 0.01$
Carcass length (cm)	52.4 ^a	49.8 ^a	57.9 ^b	58.2 ^b	57.8 ^b	$P < 0.01$
Leg length (cm)	34.1	33.0	36.2	34.6	34.6	NS
Thorax width (cm)	22.2 ^a	22.9 ^a	24.8 ^b	25.7 ^b	25.3 ^b	$P < 0.01$
Leg thickness	7.9	8.4	9.5	8.6	6.8	NS
Carcass compactness						
Carcass compactness	0.293 ^a	0.291 ^a	0.304 ^{ab}	0.304 ^{ab}	0.308 ^{bc}	$P < 0.05$
Leg compactness	0.381	0.405	0.415	0.420	0.437	NS
Carcass cuts						
Shoulder (g)	802 ^a	838 ^a	1,069 ^b	1,110 ^b	1,099 ^b	$P < 0.05$
Neck (g)	580 ^a	607 ^a	748 ^b	806 ^b	752 ^b	$P < 0.05$
Ribs + loin (g)	980 ^a	997 ^a	1,249 ^b	1,291 ^b	1,299 ^b	$P < 0.05$
Flank (g)	560 ^a	617 ^a	782 ^b	831 ^c	839 ^c	$P < 0.05$
Long leg (g)	1,243 ^a	1,285 ^a	1,628 ^b	1,651 ^b	1,728 ^c	$P < 0.01$

^{a,b,c,d} Means within the same row with different superscripts differ significantly.

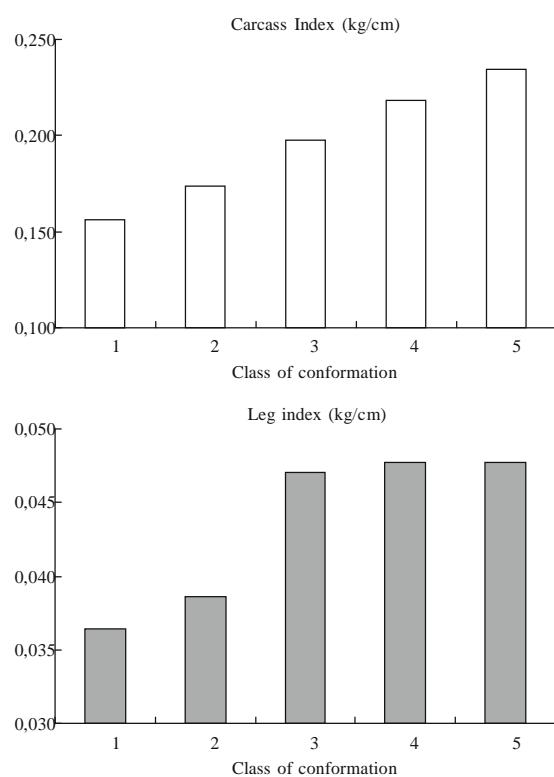


Fig. 1 Evolution of carcass and leg indexes according to class of conformation in Creole goat carcass

either for the carcass or the leg, increased significantly ($P<0.01$) within the CC: with 54% and 63% difference between the two extreme classes, respectively. The general pattern would describe a linear trend of variation with the CC for the carcass index and a quadratic trend of variation for the leg index.

For the weights of carcass cuts (Table 1), there were significant differences between two groups (classes 1 and 2 vs. classes 3, 4 and 5). The increase in weights of the main carcass pieces was undoubtedly related to the carcass weight increase. The proportions (%) of carcass cuts relative to the carcass weight did not vary significantly (not tabulated): the shoulder represented 19.4%, the neck 13.8% and the leg 29.7%. The anatomical repartitions between the fore and hind quarters are represented in Fig. 2 with the forequarter heavier than the hindquarter. The proportion of the hind quarter tended to increase for the last two CC compared to the first three.

Due to the increasing weights of the shoulder and the leg with CC, the different tissues (muscle, bone and intermuscular fat) dissected from these pieces

followed the same trend (Table 2). The weights of muscle increased ($P<0.01$) of 53% and 63% from the lowest CC to the highest in shoulder and leg, respectively. The proportions of muscle, bone and fat in the shoulder did not vary within conformation class: 0.72, 0.22 and 0.06, respectively (Table 2). The corresponding traits in leg were 0.74, 0.23 and 0.03, respectively. The last two were different ($P<0.05$) from class 1 to class 5. The ratio of muscle/bone calculated either in the shoulder or in the leg ranged from 3.1 to 3.6 ($P>0.05$) and have a quadratic trend in variations with CC (Fig. 3).

Discussions

Carcass conformation

Since studies of Fehr et al. (1976), very few works have dealt with goat carcass conformation per se. As an example, in the absence of official US goat grading system, even in most recent work (Ryan et al. 2007), the sheep grading system is still implemented for goat carcasses. In the FWI conditions, because no official grading standards exist which are designed specifically for the French goat carcasses (where meat is a sub-product of milk production), it is generally admitted that the light lamb grid employed in Mediterranean regions and within systems of production similar to those developed in our tropical region could be suitable in goat studies.

The carcass weight and yield steadily increased within the conformation classes as reported by Fehr et

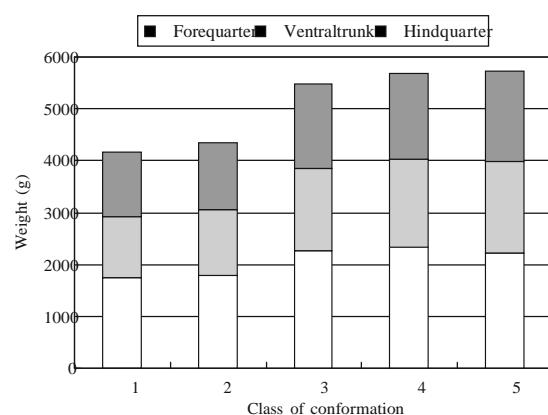


Fig. 2 Distribution of carcass cuts according to class of conformation in Creole goat carcass

Table 2 Weights and proportions of bone, fat and muscle dissected from shoulder and leg of Creole goat according to conformation classification

Conformation	1	2	3	4	5	Significance
Shoulder dissection						
SBone (g)	158 ^a	164 ^a	203 ^b	210 ^c	222 ^c	P<0.01
SFat tissue (g)	38 ^a	48 ^b	46 ^b	67 ^c	79 ^c	P<0.01
SMuscle (g)	529 ^a	542 ^a	684 ^b	758 ^{bc}	812 ^c	P<0.01
SMuscle/Bone	3.1	3.2	3.5	3.6	3.5	NS
%SBone	0.24	0.22	0.21	0.21	0.21	NS
%SFat	0.06	0.07	0.05	0.06	0.07	NS
%SMuscle	0.71	0.71	0.73	0.73	0.72	NS
Leg dissection						
LBone (g)	187 ^a	201 ^a	233 ^b	249 ^b	276 ^b	P<0.01
LFat tissue (g)	25 ^a	28 ^a	30 ^a	51 ^b	50 ^b	P<0.01
LMuscle (g)	555 ^a	658 ^b	807 ^c	870 ^c	940 ^c	P<0.01
Lmuscle/Bone	3.2	3.4	3.6	3.6	3.5	NS
%LBone	0.25 ^a	0.22 ^b	0.22 ^b	0.21 ^b	0.21 ^b	P<0.05
%LFat	0.02 ^a	0.03 ^b	0.03 ^b	0.04 ^b	0.04 ^b	P<0.05
%LMuscle	0.73	0.75	0.75	0.75	0.75	NS

^{a,b,c} Means within the same row with different superscripts differ significantly.

al. (1976) that outlined that these three criterions are interrelated. As expected, the carcass yield improved with increasing slaughter weight, and this agrees with reports on Boer or their crossbreds (Ryan et al. 2007) and also on other tropical goats (Attah et al. 2004; Mahgoub et al. 2005; Phengvichith and Ledin 2007; Melaku and Betsha 2008). The present carcass yield of Creole (mean of 53.5%) fell within the upper range of the cited papers.

The fat scores and the leg traits did not differ within CC; the poor fat covering and the leggy morphology of goat carcass reported in many studies (Colomer-Rocher et al. 1992; Mahgoub and Lu 1998; Oman et al. 1999) would support the conclusion that these criteria are not suitable for grading goat carcasses and fail to distinctly differentiate the carcass classes. Goats are known to have fat deposits mainly in the abdominal cavity (Warmington and Kirton 1990), and probably fat parameters might not be appropriate in grading the carcass as reported frequently for sheep, for which it is stated that differences in levels of fatness, rather than muscle weight distribution, account for most differences in conformation between sheep breeds (Laville et al. 2002).

According to Fehr et al. (1976), the linear carcass measurements are indices of skeletal development and indirectly help to determine carcass conformation; they are dependent on genotype, sex and feeding regimen (inducing differences in growth patterns;

Attah et al. 2004; Mushi et al. 2009). Thus, comparisons of absolute values with those from other studies are difficult. Attah et al. (2004) have compared the West African Dwarf to the Red Sokoto; within similar range of carcass weight, lengths were 2 to 4 cm more, while widths did not vary consistently. The values obtained for Creole kids in our study were in the upper range of those reported in the cited reference, although methods of determination may have differed.

The carcass indexes of Creole goat are satisfactory when compared to other indigenous breeds (Oman et al. 1999; Hailu Daidi et al. 2005) but remained lower

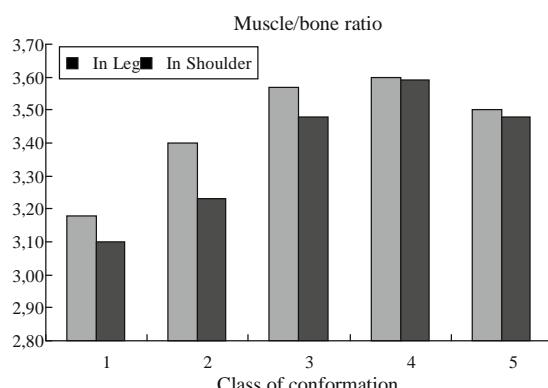


Fig. 3 Evolution of muscle/bone ratio in shoulder and in leg according to class of conformation in Creole goat carcass

than that of the West African Dwarf (WAD) goat (Mourad et al. 2001; Attah et al. 2004). In fact, comparison at the worldwide level between the different breeds existing remained difficult since the numerous and variable breed \times system combinations have resulted in a great variation of carcass weight, size and frame (Peacock 1996). It follows that they must be compared within a similar range of carcass weights. In that case, the WAD (Mourad et al. 2001; Attah et al. 2004) exhibited very good carcass indexes similar to or even higher than the larger Boer crossbreds (Dhanda et al. 2003), contrary to the widely held belief of their inferiority, the Creole goat being between these two genotypes.

In the West Indies, the last decade has witnessed increasing cases of importations of exotic heavy breeds such as the Boer goat. This latter is spread out all over the world (Warmington and Kirton 1990), appears to be the fastest growing and is a large-sized breed. The Boer goat may have a higher proportion of muscle in the carcass than other goat breeds, but data on this point are far from conclusive (Warmington and Kirton 1990). Recently Almeida et al. (2006) outlined that extensive conditions, which are very common in tropical regions, markedly reduced the productive performances and carcass characteristics in the Boer male goat. Crossbreeding using Boer influences results in heavier live and carcass weights, higher conformation scores and larger leg circumferences when goats are compared at the same age. As reported by Oman et al. (1999), the advantage of the Boer over Boer*Spanish is primarily in their higher growth potential and feed efficiency. Upgrading local tropical breed with exotic ones such as in Tanzania (Mushi et al. 2009) did not systematically result in very high carcass conformation and index even when animals are reared under very intensive feeding system (data recalculated: 3.2 and 0.212, respectively).

In this present study, the leg indices could be similar to the muscularity trait which is a concept defined in sheep by Purchas et al. (1991): the calculation of muscularity is based on femur length and the weight of surrounding muscles. Compared to other studies, although very scarce, our values (0.036–0.048) were in line with many other breeds (Florida kids 0.029–0.047, Pena et al. 2007; Canary caprine 0.022–0.053, Marichal et al., 2003) but lower than data of Omani breeds (0.070–0.078, Kadim et al. 2003).

Cut composition

The distribution of prime cuts remained similar (approximately 63%) irrespective of the CC and were higher than that of other tropical breed (Sanon et al. 2008). Moreover, it attained values of the well-conformed genetic breeds compared by Dhanda et al. (2003) who outlined no differences between Boer crossbreds or Saanen crossbreds. The forequarters were heavier than the hindquarters in the Creole carcasses. These results are in line with other observations of Mahgoub and Lodge (1996) and Cameron et al. (2001) reporting that male goats deposit relatively more tissues in the forequarters than in the hindquarters, especially when compared with sheep. However, the hindquarter proportion tended to be more important for the best conformed carcasses than for the poorly ranked ones. Perhaps the visual assessment adapted from light lamb which relied on the leg conformation could fit the specific shape of our Creole goat carcass well if it could also take into account the neck volume. Further research is required in that sense.

The shoulder and the leg are known to have the highest percentage of muscles (Dhanda et al. 2003). As observed in the present study, the values were in favour of the leg compared to the shoulder (three to four points more). However, in our study, the values reached 71% to 75%, while in papers of Cameron et al. (2001), Dhanda et al. (2003) and Hailu Daidi et al. (2005), values from one genotype to another ranged from 68.5% to 71.4% vs. 65.3% to 67.6% in the leg and shoulder, respectively. The higher muscle percent recorded for the Creole leg and shoulder could be due to their lower fat content (2–7%) studied here compared to the 10–13% observed by Dhanda et al. (2003). Similar trend was observed when comparing the Creole to the New Zealand Saanen within a similar SW range (Colomer-Rocher et al. 1992). The differences should come from not only a higher fat but also from a higher bone percent in the New Zealand goats (23–26%), while the Creole exhibited only 21–22% bone.

The description of the meat potential can be done through the muscle/bone ratio. In many countries, muscle and not fat is the most important carcass tissue to the consumer, while fat is related to health problems mainly in developed societies. In our conditions as in other tropical regions, the bone part

is considered as a negative aspect, and lack of muscularity seems to characterise the local breeds which are poorly rated due to their small frame/size. However, the muscle/bone ratio is a trait particularly relevant for the Creole male goats which attained the upper range of goat values of the literature (Oman et al. 1999; Cameron et al. 2001; Hailu Daidi et al. 2005).

In goats, the accretion of fat and muscle regulation are insufficiently studied within the perspective of meat production improvement. Not so much works deal with the distribution of specific muscles apart from those of Mahgoub, who found that in a comparative study of Omani goats of different mature size (Mahgoub and Lu 1998), the smaller Dhofari exhibited higher proportion of muscle but lower proportion of bone in the carcass than the larger Batina goat. As such, the small goat breed appeared to be more suitable for meat production than the heavier ones under the local conditions of Oman. Similarly, it could be concluded that the medium-sized Creole exhibit a satisfactory meat potential in our conditions. However, comparisons with exotic breeds should be implemented under the prevailing systems of production existing in the countries (intensive vs .extensive) in order to be conclusive.

Conclusion

These initial results provided factual data to describe the potential of Creole goat in terms of carcass conformation. The use of the main descriptors of CC suggest that Creole goats, although not yet selected, can be compared to other so-called fleshy meat breeds. Thus, this medium-sized genotype could be a valuable meat producer based on the very satisfactory carcass and leg indexes, muscle/bone ratios, carcass yield and cut composition, an encouraging incentive for the local sector and research for genetic improvement

An effective grading system for meat goat is needed for standardised description and reporting of breed value and/or system differences. However, there is a lack of information and of training on this specific and multifactor concept of carcass conformation and meat yield in our region. This first carcass grading, even though perfectible, would provide a common language through the marketing chain of the local

goat sector. Therefore, it seems necessary to expand the data base in order to use a multivariate analysis for a most suitable classification and also use of other criteria such as yield of lean meat, muscularity and other shape parameters.

Acknowledgements The authors would like to thank C. Anais, J. Gobbardhan, G. Gravillon and F. Silou for their technical help. They are grateful to L. Onyeka for English corrections to the manuscript. This study was supported by the “Region Guadeloupe” and the “European Community” (FEOGA).

References

- Alexandre, G. and Mandonnet, N. 2005, Goat meat production in harsh environment, Small Ruminant Research, 60, 53-66.
- Alexandre, G., Asselin de Beauville, S., Shitalou, E. and Zebus, M. F., 2008. An overview of the goat meat sector in Guadeloupe: conditions of production, consumer preferences, cultural functions and economic implications, Livestock Research for Rural Development, 20, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1/alex20014.htm>
- Alexandre G., Leimbacher, F., Maurice, O., Domarin D., Naves, M. and Mandonnet, N., 2009. Goat farming systems in Martinique: management and breeding strategies, Tropical Animal Health and Production, 41,:635–644.
- Almeida, A.M., Schwalbach, L.M., de Waal, H.O., Greyling, J. P.C. and Cardoso, L.A., 2006. The effect of supplementation on productive performance of Boer goat bucks fed winter veld hay, Tropical Animal Health and Production, 38, 443-449.
- Attah, S., Okubanjo, A.O., Omojola, A. B. and Adesehinwa, A. O.K., 2004. Body and carcass linear measurements of goats slaughtered at different weights, Livestock Research for Rural Development, 16, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/8/atta16062.htm>
- Cameron M.R., Luo J., Sahlu T., Hart S.P., Coleman S.W., Goetsch A.L. 2001. Growth and slaughter traits of Boer*Spanish, Boer*Angora and Spanish goats consuming a concentrate-based diet, Journal Animal Science, 79, 1423-1430.
- CEE 2005. Règlement (CE) No 2529/2001 du Conseil du 19 Décembre 2001 portant organisation commune des marchés dans le secteur des viandes ovine et caprine. Amendé lors du Conseil du 23 novembre 2005 Règlement (CE) no 1913/2005. Document consolidé 2001R2529-FR-02.12.2005-003.001, 1-15.
- CEE 2007. Règlement (CEE) No 2137/92 du Conseil du 23 Juillet 1992 relatif à la grille communautaire de classement des carcasses d'ovins et à la qualité type communautaire des carcasses d'ovins fraîches ou réfrigérées et prorogeant le règlement (CEE) no 338/91. Amendé le 20/12/2006. Document consolidé 1992R2137-FR-01.01.2007-003.001, 1-8.
- Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P. and Kirton, A.H., 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evalu-

- ation, jointing and tissue separation, *Livestock Production Science*, 17, 149-159.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A. H., Merces, G. J. K. and Duganzich, D.M., 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights, *Small Ruminant Research*, 7, 161-173.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G. and Murray, P.J., 2003. Part 2. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter, *Small Ruminant Research*, 50, , 67-74.
- Dubeuf, J.P. and Boyazoglu, J., 2009. An international panorama of goat selection and breeds, *Livestock Science*, 120, 225-231
- Fehr, P.M., Sauvant, D. and Dumont, B.L., 1976. Croissance et qualité des carcasses des chevreaux de boucherie. 2èmes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Croissance, engrangement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux, INRA-ITOIVIC, 166-189.
- Hailu Dadi, Tatek Woldu and Tesfaye Lema, 2005. Comparison of carcass characteristics of Borana and Arsi-Bale goats under different durations of feedlot management, *Livestock Research for Rural Development*, 17, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/12/dadi17137.htm>
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D.S., Al-Maqbaly, R.S., Al-Saqri, N.M. and Ritchie, A., 2003. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds, *Meat Science*, 66, 203-210.
- Laville, E., Bouix, J., Sayd, T., Eychenne, F., Marcq, F., Leroy, P.L., Elsen, J.M. and Bibé, B., 2002. Carcass conformation in lambs. A study of genetic variability among breeds, INRA, Productions Animales, 15, 53-66.
- Liméa, L., Gobardham, J., Gravillon, G., Nepos, A. and Alexandre, G., 2009. Growth and carcass traits of Creole goats under different pre-weaning, fattening and slaughter conditions, *Tropical Animal Health and Production*, 41, 61-70.
- Mahgoub, O. and Lodge, G.A., 1996. Growth and body composition in meat production of Omani Batina goats, *Small Ruminant Research*, 19, 233-246.
- Mahgoub, O. and Lu, O.D., 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes, *Small Ruminant Research*, 27, 267-278.
- Mahgoub, O., Lu, O.D., Hameed, M.S., Richie, A., Al-Halhal, A.S. and Annamalai, K., 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolise energy densities, *Small Ruminant Research*, 58, 175-180.
- Mahieu, M., Archimède, H., Fleury, J., Mandonnet, N. and Alexandre, G., 2008. Intensive grazing system for small ruminants in the Tropics: the French West Indies experience and perspectives, *Small Ruminant Research*, 77, 195-207.
- Mandonnet, N., Aumont, G., Fleury, J., Arque, R., Varo, H., Gruner, L., Bouix, J. and Khang, J.V., 2001. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics, *Journal of Animal Science*, 79, 1706-1712.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, M.J., Argu'ello, A., 2003. Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality, *Livestock Production Science*, 83, 247-256.
- Melaku, S. and Betsha, S., 2008. Bodyweight and carcass characteristics of Somali goats fed hay supplemented with graded levels of peanut cake and wheat bran mixture, *Tropical Animal Health and Production*, 40, 553-560.
- Mourad, M., Gbanamou, G. and Balde, I.B., 2001. Carcass characteristics of West African dwarf goats under extensive system, *Small Ruminant Research*, 42, 81-85
- Mushi, D.E., Safari, J., Mtenga, L.A., Kifaro, G.C. and Eik, L.O., 2009. Effects of concentrate levels on fattening performance, carcass and meat quality attributes of Small East African×Norwegian crossbred goats fed low quality grass hay, *Livestock Science*, 124, 148-155
- Oman, J.S., Waldron, D.F., Griffin, D.B. and Savell, J.W., 1999. Effect of breed-type and feeding regimen on goat carcass traits, *Journal of Animal Science*, 77, 3215-3218.
- Omondi, I.A., Baltenweck, I., Drucker A.G., Obare G.A and Zander, K.K., 2008. Valuing goat genetic resources: a pro-poor growth strategy in the Kenyan semi-arid tropics, *Tropical Animal Health and Production*, 40, 583-596.
- Peacock, C., 1996. Improving goat production in the Tropics. A manual for development workers. (Oxfam/FARM-Africa Publication)
- Pena, F., Perea, J., Garcia, A. and Acero, R., 2007. Effects of weight at slaughter and sex on the carcass characteristics of Florida suckling kids, *Meat Science*, 75, 543-550
- Phengvichith, V. and Ledin, I., 2007. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats, *Tropical Animal Health and Production*, 39, 59-70.
- Purchas, R. W., Davies, A. S. and Abdullah, A.Y., 1991. An objective measure of muscularity: changes with animal growth and differences between genetic lines of Southdown sheep, *Meat Science*, 30, 81-94.
- Ryan, S.M., Unruh, J.A., Corrigan, M.E., Drouillard, J.S. and Seyfert, M., 2007. Effects of concentrate level on carcass traits of Boer crossbred goats, *Small Ruminant Research*, 73, 67-76.
- Sanon, H.O., Kaboré-Zoungrana, C. and Ledin, I., 2008. Growth and carcass characteristics of male Sahelian goats fed leaves or pods of *Pterocarpus lucens* or *Acacia Senegal*, *Livestock Science*, 117, 192-202.
- Warmington, B.G. and Kirton, A.H., 1990. Genetic and non-genetic influence on growth and carcass traits of goats, *Small Ruminant Research*, 3, 147-165.

4.4. PUBLICATION N°3: EFFETS DES NIVEAUX D'ALIMENTATION ET DE L'AGE D'ABATTAGE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE, LES CARACTERISTIQUES DE CARCASSES ET LA QUALITE DE LA VIANDE DES CAPRINS CREOLES DE GUADELOUPE.

Revue: En corrections internes pour soumettre à Meat Science

Année: 2009

Titre: Effects of feeding regimen and age at slaughter on composition and quality of muscle and adipose tissues of Creole goat .

Auteurs: L. Liméa, H. Archimède, V. Berthelot, P. Morand-Fehr and G. Alexandre

Conditions expérimentales:

Issu du 1^{er} dispositif, le sous-protocole «âge» ne s'appuie que sur les animaux élevés à l'auge (C0 et C50), afin de bénéficier de conditions d'élevage plus contrôlées comparées au milieu variable qu'est le pâturage. Ce sous-protocole a permis de fournir des données chiffrées sur leur alimentation par le contrôle de l'ingestion notamment. Il avait pour objectifs de mesurer les effets d'un enrichissement de la ration alimentaire (comparativement à un témoin fourrage seul) et de tester la variabilité de l'âge d'abattage en termes de performances de croissance des animaux (ingestion et GMQ), de caractéristiques de carcasse (rendement, notation, découpe et données physico-chimiques) et de qualité viande (AG des tissus gras et du muscle).

Un total de 91 animaux a été utilisé pour cette étude, selon un schéma expérimental factoriel 2*3, 2 types d'alimentation et 3 âges d'abattage. Le sevrage s'est fait à 84j et environ 9.2 kg de poids vif. Les chevreaux ont été mis en lots en stabulation en tenant compte de leur poids de naissance et de sevrage et de leur GMQ pré-sevrage.

Les deux groupes en fonction de leur alimentation sont:

- C0, pas d'ajout de concentré, (n=45). L'alimentation de base est du fourrage tropical à 28 jours offert *ad libitum*;
- C50, avec ajout de concentré commercial en plus du fourrage à raison de 50 % de la ration journalière, (n=46).

Les trois âges fixes d'abattage sont testés à intervalle régulier de 4 mois à partir du sevrage (à 3 mois): 7 mois, (n=31) ; 11 mois, (n=32) et 15 mois d'âge, (n=28).

Effects of feeding regimen and age at slaughter on composition and quality of muscle and adipose tissues of Creole goat

L. Liméa¹, H. Archimède¹, V. Berthelot², P. Morand-Fehr² and G. Alexandre¹

1) INRA UR 143 Unité de Recherches Zootechniques, Centre INRA-Antilles-Guyane, Domaine Duclos, 97170 Petit Bourg, Guadeloupe.

2) UMR INRA-AgroParisTech, Physiologie de la Nutrition et Alimentation, 16 rue Claude Bernard, F-75005, Paris, France.

*Corresponding author. Tel: +335 90 25 54 16; Fax: +335 90 25 59 36;

E-mail:gisele.alexandre@antilles.inra.fr

Abstract

The effects of feeding regimen and age at slaughter on finishing performances, carcass traits, and qualities in intact male Creole goats, were evaluated. After weaning, nineteen one male Creole kids (84 days, 9.2 kg LW) were randomly allocated in a 2*3 arrangement of treatments. The experimental diets consisted of kids receiving a 28-day old pangola grass alone or the same grass plus a pelleted concentrate (50 % of the total diet) and slaughtered at 7, 11 or 15 months of age. The feeding mode greatly influenced goat carcass traits and quality, particularly due to the addition of concentrate. In addition, the age at slaughter influenced many of these traits. Depending on the treatment, the average daily gain (g/d), the dressing percentage (%) and the conformation (1-5) varied between 46 to 88, 52.8 to 62.4 and 2.2 to 4.9, respectively. In all the treatments except for the youngest kids fed only forage and/or the oldest fed with pellets, very adequate values were obtained for slaughter weight, carcass weight and yield together with satisfactory muscle proportions and conformation score. In addition, the carcass fat was poorly developed and lighter than the visceral fat, so carcass appeared lean. The colour of meat was affected more by the dietary.

It has been concluded that the Creole breed has the potential to produce a heavy carcass while maintaining low proportions of fat in the meat. Taking economics, it is recommended to valorise a forage feeding system until 11 months or with concentrate supplementation from 7 to 11 months of age.

1. INTRODUCTION

There is renewed interest in native breeds, particularly to increase sustainable animal production in developing countries (FAO, 2007). In many Caribbean islands, goat farming is centred on the Indigenous Creole breed which is a hardy genotype' reared for meat, known for its good adaptative (Mandonnet et al., 2001) and reproductive traits (Alexandre et al., 1999). In Guadeloupe, the Creole breed is characterised by an average of 1.8 kg at birth and a variable physiological mature size of 45 to 60 kg live weight (LW) for the buck. Traditional slaughter weight of kids is between 18-20 kg LW and can be reached at 6 to 18 months of age, depending on the system. Despite its great adaptation to the local environment, the Creole goat population is threatened by the introduction and development of exotic breeds. These last one are prized for their large size, their heavier carcass and their greater growth rate such as the Boer goat (Ryan et al., 2007). Taking into account the demands of local goat producers to promote and develop the Creole breed, one of the main challenge is to increase growth performance, yield at slaughter while maintaining its great adaptation, adequate carcass adiposity and good quality attributes. Genetics and nutrition (Webb et al., 2005) are the two main tools to reach this goal. Concerning nutrition, it can be questioned it either increasing ADG by the way of higher feeding level or delaying the length of finishing period using forage. F

Feeding kidsto a heavier than traditional slaughter weight using high concentrate diets may result in fat carcasses as reported for sheep (Bessa et al., 2005). Conversely, forage feeding would prolong the growth period, and its consequences on carcass traits and qualities have to be addressed. Therefore, the effects of age at slaughter under the two different feeding systems must be assessed for traits relevant for the meat potential and quality. Published information related to the meat potential ability of this tropical breed is scant and there are a lack of factual data on intensive feedlots system and slaughter conditions. The main objective of this study were to a) assess the effects of feeding regimen and age at slaughter on finishing performanc, carcass trait, and quality of intact male Creole goats and b) determine the fatty acid composition of the main adipose and muscle tissues.

2. MATERIALS AND METHODS

This study was carried out in Guadeloupe, a humid tropical island in the Caribbean (16.1°N, 61.6°W). The experimental farm is located in the driest region where annual rainfall averages

1280 mm, with a dry season lasting from January to May with less than 70 mm per month. Maximum air temperatures vary from 27°C (January) to 32°C (August) with a minimum from 21°C to 25°C, respectively. The relative humidity is usually above 70 % and the day length ranges from 11 to 13 h.

2.1. Animal management and experimental groups

A total of 91 male kids of the Creole genotype (Alexandre et al., 1999) were used in this experiment. A complete 2*3 arrangement of treatments (feeding regimen*age at slaughter) was implemented.

After weaning (84 days, 9.2 kg LW), kids were randomly assigned to experimental groups and allocated by their birth and weaning weights, preweaning ADG and the live weight of the doe. Animals were reared in collective pens on a slatted floor. In group C0 (namely, concentrate equal 0, n =45) kids received no supplement while in group C50 they were offered a commercial pellet in addition to their basal diet (concentrate comprised approximately 50 % of the diet, n=46).

Given the regular four-month interval of either kidding or weaning within the flock, age groups were in a 4-month increments starting from weaning : fixed ages at slaughter were either 7 months (i.e. age at weaning plus 4 months; n=31), 11months (n=32) and 15 months (n=28).

2.2. Diets and measures

The basal diet was composed of a stand of tropical pasture cut every 28 days (0.74 UFL and 79 g PDIN per kg DM) and was offered *ad libitum*. Commercial pellet (1,15 UFL and 150 g PDIN per kg DM) was composed of maize (68 %), soybean cake (15 %), wheat bran (11 %), urea (1 %) and vitamin and mineral supplement (5 %).

The animals were adapted for 2 weeks to the feeds and house conditions before the measurements started and had free access to water and mineral block. The animals received the concentrate at 6 am whereas forage was distributed, in two meals, one at 8 am and the other at 2 pm. Each day, the amount of forage provided was 1.15 times greater than the voluntary intake estimated the day before. Feed intake was measured from Monday to Friday for the entire length of the experiment. Samples of offered forage (two sub-samples of 200 g) and refusals (10 % for each group) were

taken every day. One of the sub-samples was kept for daily dry matter determination. All the samples of the feed provided during two weeks were mixed together for each animal and a new sub-sample (200 g) was used for chemical analyses. The same operation was carried out for the refusals of each group. Forage intake measurements and analyses were carried out for all the different experimental groups. Intake of concentrate was controlled at the individual level.

2.3. Slaughtering procedure

Animals were weighed the day before slaughter, and the next day when fasting just before slaughter. After bleeding, the full digestive tract was removed, weighed full and then separated by compartment, emptied and weighed. The omental and mesenteric fats were removed and weighed. Weights of non carcass components were recorded. Dressed carcasses were weighed within 1 h (hot carcass weight: HC), and then chilled for 24 hours at 4°C, and then weighed again (cold carcass weight: CC). Each cold carcass was rated (from 1 to 5) according to conformation, internal and external fat based on a lightweight lamb grid (OFIVAL, 2005). The perirenal fat (PR) was removed and weighed. The carcass was then cut in half lengthwise and the left side was cut according to Colomer-Rocher et al. (1987) into five joints (shoulder, neck, ribs, flank, long leg). Every joint was weighed and the left shoulder was dissected in fat (subcutaneous plus intermuscular deposits, IM), muscles and bones.

The right shoulder was removed and stored frozen until the end of the different slaughters. They were cut, in frozen state, with a MAGURIT machine (Unitcut 545 SC model) then were ground using a 3-mm grid (BIRO AFMG 48/52, BIRO France) and homogenized. Aliquots were freeze-dried and were finely ground in a ball grinder (Dangoumill 300, Prolabo, Paris, France) using liquid N for chemical analysis.

Samples of muscle (*supraspinous*, SE) and intermuscular (IM) adipose tissues of the shoulder, and samples of perirenal (PR) fats were frozen until chemical analysis.

2.4. Chemical analyses

Dry matter (DM) contents of both herbage and refusals samples were determined by drying to a constant weight at 65°C in a ventilated drying oven. The samples were then ground (0.75 mm)

prior to chemical analysis. The forage and carcass samples were analysed according to AFNOR methods (AFNOR, 2005) as follows: dry matter (DM, AFNOR NF V18-109), ash (AFNOR NF V18-101), crude protein (CP, N x 6.25, AFNOR NF V18-120), ether extract (EE, AFNOR NF V18-117). The neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) were determined according to Van Soest et al. (1991); NDF, ADF and ADL contents are expressed relative to the DM).

The DM of PR, IM and SE were determined after 48 h of freeze-drying. The lipid extract content of PR, IM and SE were determined by ether-petroleum extraction. The FA extraction was carried out according to the Rule method (1997), but using tricosanoic acid as an internal standard in the extraction solvent mixture. Lipid extraction and methylation were described by Bas et al. (2007). Samples were then injected with an auto sampler CP-8410 into a Varian CP-3900 gas liquid chromatograph (GLC, Varian, Les Ulis, France) on a DB-wax fused silica capillary column (60 mL x 0.25 mm i.d. x 0.25 mm film thickness: JW, Folsom, CA). For the GLC procedure, the split/splitless injector, type 1177, and the flame ionisation detector were held at 250°C. The oven temperature was increased from 120 to 195°C at 4°C/min, and then held for 60 min at constant temperature. The injector was in splitless mode for 1.0 min and then in split mode until the end of the run with a split ratio of 30:1. The column flow rate was 1.2 mL/min of He. Fatty acids were identified from comparison to reference standards (Sigma, St. Louis, MO; Interchim, Montlucon, France) analyzed under similar conditions.

Different evaluations were made on the cold carcass. The rib eye area of the fourth rib on the left side was removed in order to evaluate the colour with a Minolta chromameter CR-300 calibrated to a white standard, using the L*, a*, b* scale. Ultimate pH was measured on the sample used to analyse colour using a Bioblock Scientific IP67 pH probe calibrated to pH 4 and 7 using buffer standards.

2.5. Data calculations and statistical analyses

Empty body weight (EBW) was computed by subtracting the weight of the gut content from the slaughter weight. The carcass yield was the weight of cold carcass related to EBW.

The FA were summed by families according to their structure: even straight-chain saturated FA, ESFA = C10:0 + C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0 + C24:0; odd-numbered

straight-chain FA, oddFA = C13:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1n-8 + C19:0 + C21:0; methyl-branched chain FA of the iso and anteiso forms, *iso* and *anteiso* FA = *iso*C14:0 + *iso*C15:0 + *anteiso*C15:0 + *iso*C16:0 + *iso*C17:0 + *anteiso*C17:0; straight-chain monounsaturated FA, MUFA = C14:1 + \sum C16:1 (n-9 and n-7) + \sum C18:1 (n-7, n-9, trans-10) + C17:1n-8 + C20:1 + C22:1 + C24:1; n-3 FA = C18:3n-3 + C20:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3; n-6 FA= C18:2n-6 + C18:3n-6 + C20:2n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6; PUFA =n-3 FA + n-6 FA.

Data were analysed using PROC GLM (SAS, 1988) with level of concentrate, age of slaughter and interaction diet*age as the main effect in the model. Initial liveweight was used as a covariate on live weight gain. Carcass traits were studied with slaughter weight used as a covariate, which was only kept in the model when significant. Carcass quality scores and cut weights were studied with carcass weight used as a covariate, which was only kept in the model when significant.

3. RESULTS

The composition of forage and mixed diets is depicted in Table 1. Among the fatty acids, the C18:3 content was higher in forage, while the commercial pellet contained greater amounts of C 18:2.

3.1. Growth and carcass performances

As shown in table 2, a rich mixed diet increased ($P < 0.05$) the main growth performances (DMI, ADG), and carcass weights, yields and scores. Also, the values of the traits increased ($P < 0.05$) with age except the ADG; the interaction diet*age was significant only for the feed conversion ratio (FCR). The inclusion of 50 % concentrate in the diet was responsible for approximately 80 % of the increase in ADG. The variations of carcass traits were large in C50 vs. C0 kids: 75 to 80 % more in the weight of either carcass, prime cuts and muscles or 50 % more conformation score. In addition, the carcass yield increased with mixed diet although to a lesser extent (10 % more).

The feeding system had wanted effects ($P < 0.05$) on almost all non-carcass components (Table 2), with the exception for proportions of red organs (related to EBW) and retail cuts (related to

carcass weight). In addition there were also age effects ($P < 0.05$) on abdominal fat tissues and neck proportion (+ 30 %).

Proportions and tissues in shoulder (Table 2) varied ($P < 0.05$) with both factors of variation. There was a clear tendency for A7 kids to have greater ($P < 0.01$) bone parts. The intermuscular fats were approximately 2 fold greater, for kids fed mixed diet compared to forage diet and the increase ($P < 0.05$) with age was 70 to 90 %. The values of muscle proportions ranged from 70 to 77 % within groups of kids. The muscle/bone ratio appeared to be similar and approximated the good levels of 3.0 to 4.0.

3.2. Quality parameters of carcass, fat and muscle tissues.

Physical measurements on muscle, chemical analyses on shoulder and muscles of Creole bucks according to feeding regimen and age at slaughter are presented in Table 3. There was a significant diet effect on almost all parameters except on traits related to collagen and glycogen analyses. The values of pH, water losses, parameters “L” and “b” were higher ($P < 0.05$) in C0 vs. C50 kids. The DM and total lipid contents in the shoulder increased significantly ($P < 0.01$) with feeding level and age while ash declined. ($P < 0.05$) An interaction was observed for the color parameter “a” measured in *longissimus dorsi* and CP content (g/kgDM) in the shoulder. The collagen solubility (%) decreased significantly ($P < 0.05$) with age of carcass.

3.3. Fatty acid composition of adipose tissue and muscles

As shown in Table 4, there was a significant diet effect on DM contents of perineal and intramuscular adipose tissue ($P < 0.01$). DM contents in intermuscular adipose tissue were affected by age at slaughter and diet \times age at slaughter ($P < 0.01$), and in *supraspinus* muscle only by age at slaughter ($P < 0.01$) (Tables 4). There was no diet effect on lipid content of perineal and intramuscular adipose tissue but a significant effect of age at slaughter was observed (Table 2, $P < 0.05$). There was a significant effect of diet and/or age at slaughter on fatty acid composition in both tissues. Saturated fatty acid (SFA), odd fatty acid (FA), *iso* and *anteiso* FA, n-3 FA in perineal, intermuscular adipose tissue and *supraspinus* muscle were significantly higher in C0 group compared with C50 (Table 4, $P < 0.05$), and this effect was more pronounced with increasing age at slaughter. On the other hand, monounsaturated FA (MUFA), n-6 and n-6/n-3 FA were significantly higher in C50 group compared with C0 in perineal and intramuscular

adipose tissue ($P < 0.05$) and in *supraspinus* muscle ($P < 0.01$). Polyunsaturated FA content was higher in perirenal adipose tissue of C50 compared to C0 with no effect of age at slaughter ($P < 0.01$) and no effect was observed in intermuscular adipose tissue and *supraspinus* muscle (Table 4) The composition of the *supraspinus* muscle in major FA: C_{16:0} and C_{18:0}, was affected by diet and age at slaughter and in C_{18:1n-9} by diet ($P < 0.05$) but no effect of diet \times age at slaughter was observed. Significant effects of diet, age at slaughter and diet \times age at slaughter were observed in composition of C_{20:0}, C_{17:1n-8}, C_{20:3n-6}, C_{20:4n-6}, C_{20:5n-3} FA present in *supraspinus* muscle (Table 4, $P < 0.05$). Except for C_{20:4n-6} FA, these FA were significantly higher in C0 group compared with C50. These differences were more pronounced with increasing age at slaughter.

4. DISCUSSIONS

Meat production, i.e. growth performances and carcass characteristics are dependent on genetic and environmental effects. Among the latter, diet has been shown to be one of the main factors influencing the carcass yield, cutability and qualities in many species (Wood et al., 2008) and specifically in goats (Warmington and Kirton, 1990; Webb et al., 2005). Tropical forage, the more frequent systems of feeding existing in our region, are well known for their low to medium (Archimède et al., 2000) nutritive value that does not allow the expression of productive potential of a specific breed. Thus, it remains necessary to increase the nutritional level to fulfil high animal performances. Our experimental design allowed for determining the effect of rich diet compared to forage alone. Given that forage finishing result in much lower daily gains and consequently much longer fattening duration, the influence of age at slaughter had to be included in experiments on feeding. Breed, sex, age and slaughter weight are the main animal factors of variation to take into account. In the present study, breed and sex were fixed factors, whereas weight at slaughter was determined by the way of growth rate (under the influence of feeding level) and age.

The growth and slaughter performances of C50 kids were higher than of C0 as expected. However in our study the general trend and the range of variations observed were relatively large compared to data reported for other tropical breeds (Mahgoub et al., 2005; Hango et al., 2007; Ryan et al., 2007; Sanon et al., 2008). The inclusion of 50 % concentrate in the diet was responsible for approximately 80 % of the increase in ADG. The variations of carcass traits were large in C50 vs. C0 kids: 75 to 80 % more in the weight of either carcass, prime cuts and

muscles or 50 % more conformation score. Also, the carcass yield increased with mixed diet although to a lesser extent (10 % more). As for the effects of age at slaughter the main observations on weight data, tissue partitioning, color parameters or collagen solubility fell within conclusions reported elsewhere (Fehr et al., 1976; Ruvuna et al., 1992 ; Dhanda et al., 2003; Besera et al., 2004; Webb et al., 2005). Nevertheless, some original results can be underlined such as the existence of a threshold for ADG (84 g/d) that appeared for supplemented kids at the age of 11 months, or the increased proportion of neck in the carcass (+ 30 % between the two extremes) in relation with sexual maturity. For tissue partitioning (and consequently their effects on quality), it is known since the early works of Hammond (1932), that maximal growth rate is attained firstly by bone, secondly by muscle and lastly by fatty tissue. Under our experimental conditions it seemed that the intramuscular fat deposits were not maximum for the Creole kids even after one year of intensive feeding while the muscle mass reached upper levels. The following discussions will outline the main data relative to the use of relatively expensive concentrates with tropical forage for feeding indigenous goats raised for meat and slaughtered under commercial conditions (duration of fattening period).

4.1. Growth and carcass performances

The DMI levels of the Creole kids, recalculated relatively to metabolic weight (70.5 to 72.0 g.kg $LW^{-0.75}$ DM) fell within the range of values reported for other tropical breeds fed under semi-intensive conditions (Phengvichith and Ledin, 2007; Sanon et al., 2008): 71 and 80 g.kg $LW^{-0.75}$ DM, respectively. The ADG obtained under a relative intensive feeding system represent about 2 fold more than for those observed in previous experiments with the same genotype at pasture (Alexandre et al., 1997). Given this level and the curvilinear trend observed with a threshold value for C5011 kids, it should be concluded that the fattening growth potential of Creole goat is approximately 85 g.d $^{-1}$. Higher values were observed (92 to 148 g/d) for other tropical goats fed with high-energy rations (Dhanda et al., 2003; Almeida et al., 2006; Phengvichith and Ledin, 2007). However, the relative growth rate calculated as a ratio of fattening ADG to birth weight, reached 4.5 % for Creole bucks and were very similar to those of Batina (4.1 % , Mahgoub and Lu, 1998) or crossbred Boer intact male goats (4.3 % , Dhanda et al., 2003).

Also, the mixed diet efficiency was very satisfactory for this hardy genotype, the FCR was of 3 to 4 points less (64 % of improvement). The value obtained for supplemented kids was within the range of values available in the tropical literature, from 5.8 to 9.6 depending on genotypes, feed and age of kids (Sen et al., 2004, Almeida et al., 2006; Ryan et al., 2007).

The carcass yield observed for supplemented kids (mean of 52 % when related to LW and 60 % when related to EBW) was in the upper range of the values reported elsewhere (Mahgoub et al., 2005; Webb et al., 2005; Sen et al., 2007) in similar conditions. As for C0 kids, a good carcass yield level was obtained (42 and 54 %, respectively to mode of calculation) and was higher than for other tropical breeds fed forage only and for the same range of slaughter weights (Mahgoub et al., 2005; Phengvichith and Ledin, 2007).

The main effects of diet on non-carcass components observed in this study fell within conclusions reported elsewhere (Atti et al., 2004; Almeida et al., 2006). The concentrate-fed kids had heavier visceral or organ weights (not tabulated) than the forage-fed ones whereas their proportion to EBW were inverse. Probably this can be due to the mode of calculation when variables are reported to EBW, this latter was lower for forage fed kids due to high mass of gut fill. The forage fed kids had a heavier stomach observed also by Atti et al. (2004) and Phengvichith and Ledin (2007) and which can be related to high digestive activities due to digestion of high fibre diet.

As for fat deposits, the omental and perirenal were 4 fold greater for kids fed mixed diet compared to the forage diet. In line with this, the internal fat score increased in the same way. These observations are reported in goat literature (Bas et al., 2005). The more important result in our study is the lower range of variations compared to those of other studies (Phengvichith and Ledin, 2007; Ryan et al., 2007), except for the C5015 carcass due to the additional effect of age in fat deposition. Also, it is important to notice that the numerical values (expressed as % of the EBW) were in the lower range of data reported elsewhere (Cameron et al., 2001; Sen et al., 2004; Phengvichith and Ledin, 2007). Generally, intensive feeding system generates very fatter carcasses as in sheep (Bessa et al., 2005), and it is widely recommended to preserve the use of forage-feeding systems for avoiding detrimental effect on carcass scoring. In our study, regardless of the feed level and the internal fat weights, the Creole kid carcasses had a highly acceptable fat cover score (not more than 3 for C50 on a scale ranging from 1 to 5). Goats are

well known to have fat deposits mainly in the abdominal cavity (Kempster, 1981). We must maintain this apparent ability of Creole kids to deposit less external fat.

On the other hand, the energy-rich diet resulted in a wide improvement (1 to 1.5 points more) of the carcass conformation, which is an encouraging result since the local sector value heavy and well-conformed goat carcass in Guadeloupe (Alexandre et al., 2008). Also, the weights of carcass cuts were remarkably higher in C50 than in C0 animals since they are directly related to the carcass weight increase. However, the carcass cut proportions, did not varied within C groups. The leg and shoulder proportions were in the upper range of values reported for the well-conformed genetic breeds (Cameron et al., 2001; Dhanda et al., 2003). The more pronounced and regular variation was observed for the neck weight and proportion. It is well known that age is responsible for sexual maturation in entire male. The distribution of prime cuts reaching 63 % CW is of great interest for the local butchers.

Since works of Hammond (1932), it is known that bones are highly developing in the early stages of life in order to support muscle growth. There was a clear tendency for A7 kids to have heavier bone parts. In line with the increasing of the other fat tissues, the intermuscular fat was approximately 1.3 fold greater, for kids fed mixed diet compared to forage diet. However, the value is far lower than that of other results in the literature. Taking into account the range of variation (from one extreme, group C0A7 to another, group C50A15) of fat depots in the abdominal cavity and in muscles (760 % vs. 360 %) it should be concluded that the Creole goat would have a greater tendency to deposit fat tissues in the abdomen and less in muscle and this should characterise this genotype as a lean-carcass producing animal. However, further studies are required to increase the data base for a better description of the tissue partitioning. As for muscles, the two factors of variation improved their percentages as expected. In this study, the values ranged from 69 to 75 %, while in the cited papers, values from one genotype to another ranged from 53 to 68 %, in the shoulder. The higher muscle percent recorded for the Creole carcass could be due to their lower fat content (5-7 %) compared to the 10-13 % observed by Cameron et al. (2001) or Dhanda et al. (2003). As for the muscle/bone ratio, which is a feature that may help in describing the meat potential, it appeared to be similar and approximated the good levels of 3.0 to 4.0. Their variations with diet and age are directly linked to the mode of calculation. This trait is particularly relevant for the Creole male goats which attained the upper range of values tabulated in studies comparing different genotypes such as data of Dhanda et al.

(2003) in Australia and Monte et al. (2007) in Brazil. While lower values were reported in other meat studies, Cameron et al.(2001); reported values of 2.3 to 2.9 and Atti et al. (2004) gave values of 2.3 to 2.5.

4.2. Quality parameters of carcass and muscle tissues.

The DM and total lipid contents in the shoulder increased significantly with feeding level and age while ash declined. The variations in ash and lipids contents in the shoulder are in line with those of bone and fat proportions in this carcass piece and have been already reported (diet effect: Mahgoub et al., 2005; Almeida et al., 2006; age effect: Beserra et al., (2004; Ngwa et al. 2007). Effects of diet on CP are controversial: Atti et al. (2004) in line with our results did not find any significant variations with changing dietary crude protein, whereas, Bhuyan et al. (1996) and Almeida et al. (2006) has observed that it decreased with mixed diet.

The pH values for LD muscle were higher from animals fed on forage vs mixed diet as reported for lambs (Priollo et al., 2002). Even though these pH values were relatively high, most were similar to previously published values for goats (Lee et al, 2005; Werdi Pratiwi, et al., 2007; Webb et al., 2005). The cooking loss varied according to feeding levels of kids contrary to conclusions of Kannan et al. (2006) and Madruga et al. (2008). However, these later authors did not have forage fed kids in their experiment and secondly variations due to genotype have been reported (Dandha et al., 1999; Kadim et al., 2004) and could explain the differences between the cited studies. Differences in cooking loss are often linked to differences in ultimate pH and fat contents. In our study, a lower pH and greater fat proportions are observed for C50 kids (comparatively to the C0 kids) and are in line with their lower cooking loss. The limited fat content of the meat of C0 kids possibly exacerbated cooking losses as reported by Webb et al. (2005). Values observed in the present study seemed to be lower than those frequently reported by others reviewed by Webb et al. (2005). The cooking loss of goat meat is of high interest, because the water retained in the cooked product is the major contributor to the attribute of juiciness (Webb et al., 2005). It is therefore recommended in the future, to assess the eating quality of Creole goat meat by the way of sensory evaluation.

The color parameters recorded in the present study fell between the range of values reported by Abdullah and Musallam (2007) and Lee et al. (2008). Values of “L” and “b” parameters were affected by nutritional regimes and by age inversely of what was observed by Abdullah and

Musallam (2007) with the native black goat of Jordan. There was an interaction diet*age upon the “a” parameter (redness) that cannot be explained, although the general trend follows the variations of pH. The values of the parameter “a” are similar of those of Feral goats in similar conditions (Werdi Pratiwi et al., 2007). Priolo et al. (2002) have already reported same conclusions when comparing concentrate-fed lambs vs. forage-fed ones with no variation in the parameter “a” whereas L and b have varied.

Although the absolute value of collagen did not vary with the two main factors of variation, the collagen solubility worsen when the kids get old whatever the feeding level. Earlier (Douglas et al., 1991) have reported variations of intramuscular collagen content and thermal stability with age in different muscles of goat. It has been shown in a few studies on cattle that increasing the feeding level or lengthening the finishing period may have a positive impact on meat tenderness (Oury et al., 2007). In goats results are far from conclusive. Kannan et al. (2007) did not report any significant effect of diet on collagen content and solubility. Whereas, Shiba et al. (2004) have observed an increase of meat tenderness by preslaughter intensive feeding and they argued that it seemed to be associated with the increase in intramuscular fat deposition and high collagen solubility. Further researches are required to conclude about this special attribute in Creole goat meat, since chevon has been reported to contain higher collagen and lower solubility compared to sheep meat (Webb et al., 2005).

The GP can be considered as an estimator of resting glycogen level. The post-mortem energy metabolism of muscles (converts glycogen into lactic acid through the glycolytic pathway and this determines the meat ultimate pH. The analysis of lactate and determination of GP allow to understand levels and variations of pH in the meat. The lactate content seemed to increase with the diet since it is linked to the use of concentrate, but values did not reach significance. However, the same trend of variation between pH and GP was observed. In study of Simela et al. (2004) goats had a high pH_u, with high initial lactate concentration and low glycolytic potential, which suggest that they suffered both chronic and acute stress during pre-slaughter handling. The levels of pH in our conditions were in the lower range of those of the cited paper. It is well known that nutrition influence metabolic activity (Hocquette et al., 1998), as well as muscle structure and composition, and consequently affect meat quality. Skeletal muscle structure and its biochemical components influence muscle transformation in meat and sensorial qualities (Geay et al., 2001) that include tenderness, colour, flavour and juiciness. In addition influence of intramusculat fat

stores must be taken into account. Therefore , it is higly recommended to assess the sensory parameters

4.3. Fatty acid composition of adipose tissues and muscle

The SE lipid content determined in our study (on average 11 % of DM) fell within the lower range of values reported elsewhere (data recalculated, 8-11 %, Lee et al., 2008; 10-12 %, Bas et al. 2005; 18 % Magoub et al., 2002). However, lower value of fat contents in muscle (ranging from 1.0 % to 2.4 % of fresh matter) have been reported in Feral goats that are famous to produce very lean meat (Werdi Pratiwi et al., 2007). Probably also the chemical composition values reflect that the low to moderate rates of growth under the forage diet did not facilitate substantial differences in body composition.

The C0 goats had similar SFA proportion in IM and PR adipose tissues (between 45 and 55 % of total FA) but below 41 % in SE muscle. These proportions are in agreement with data in goats fed argan pulp (Bas et al., 2005), but slightly lower than those of muscle and adipose tissues in goats fed concentrate and hay (Maghoub et al., 2002), fed browse-based diet (Ryan et al., 2007) or grazing grass and supplemented with concentrate (Werdi Pratiwi et al., 2007).

With respect to effects of factors of variation, the SFA proportions were not altered in SE tissue while differences occurred in PR and IM but differences are difficult to explain due to an interaction diet*age. In regards to SFA health aspects, goat meat composed of IM and muscle tissues was not different between C0 and C50 kids. Use of concentrate in goat diets lead to inconsistent results in the literature: SFA proportions were not affected by concentrate levels in the intramuscular lipids of goat (Atti et al., 2006; Lee et al., 2008), whereas these FA were deeply increased in muscle goat fed increasing percentage of concentrate (Ryan et al., 2007) or decreased in muscle of grain fed-goats compared to range-goats (Rhee et al., 2000).

Creole goat contained higher MUFA and PUFA in SE muscle which are considered as desirable FA (Pratiwi et al., 2006). However, MUFA were higher in muscles taken from the oldest animals as reported by Sikora et al., (2007).

The total odd FA plus iso and anteiso FA proportions ranged from 2.3 to 4.4 % of the total FA in all tissues. These results are in the lower range of what is usually observed except for the C0 kids which results agreed with Bas et al. (2005) on kids under Morocco conditions.

The iso and anteiso FA proportions decreased with inclusion of concentrate in the diet in all studied tissues. These results are in agreement with a decrease in odd and methyl branched-chain FA proportions observed with increasing concentrate level in most of studies in goats (Bas et al., 2005, Lee et al., 2008) but not in all studies (Atti et al., 2006; Ryan et al., 2007). It probably reflects the decrease of microbial synthesis of FA in the rumen as these FA mainly originate from ruminal lipid microbial synthesis (Vlaeminck et al., 2006), especially when diets have a high NDF content (Bas et al., 2003). In regards to health aspects, the decrease in Odd FA can be considered as neutral as these FA are not known to have any effect on health.

In our Creole goats, proportions of FA from the n-3 series were classically higher in the muscle than in the adipose tissues, because muscle has higher phospholipids content than adipose tissues, and phospholipids are richer in FA from n-3 series than adipose tissues (Wood et al., 2008). Total n-3 FA in muscle and PR were in the range observed in goat fed argan pulp (Bas et al., 2005), but lower than those observed in muscle of goats fed browse-diet (Ryan et al., 2007). Differences in n-3 FA proportion between these experiments may be related to differences in C18:3 content of experimental diets as well as in ruminal physico-chemical conditions that affect ruminal biohydrogenation of PUFA (Glasser et al., 2008).

A greater enrichment in n-3FA in the tissues of Creole Bucks fed with the forage diet resulted to a better ratio of n-6/n-3 FA composition (Pratiwi et al., 2006; Ryan et al., 2007). Age at slaughter had also a significant effect on the ratio of n-6/n-3 FA composition, with a better ratio observed for young animals. This observation in accordance with previous study (Bas et al., 2005) stressed the influence of the regimen and the age at slaughter on the fatty acid composition of the tissues. The proportions of FA from the n-6 series in edible tissues are usually higher than those of n-3 series. Firstly, dietary C18:2n-6 undergoes lower biohydrogenation than dietary C18:3n-3 (Glasser et al., 2008), and secondly, it is deposited in muscle phospholipids at a high level (Wood et al., 2008).

IMPLICATIONS AND CONCLUSION

The interest of our study was to argue whether large and well-conformed goat carcasses could be produced through feeding control while preserving the carcass quality advantages. The main conclusion of this study is that Creole breed has the potential to produce heavy carcass while maintaining low proportions of fat in the meat. The feeding mode greatly influenced the carcass traits and quality of the Creole goat, particularly due to the mixed diet. In addition, the age at slaughter influenced many of these traits. Creole goats have satisfactory potential as meat animals when fed to gain more than 80 g/day. Creole goats tended to accumulate fat in the visceral area. Besides, the carcass fat was poorly developed and lighter than the visceral fat, so carcass appeared lean. The colour of meat was affected more by the dietary factors which are an advantage for the local market where the consumer often associates a redness colour. A viable economic compromise could be achieved while preserving good carcass qualities, by adapting a management system where goats are reared in a forage feeding system until 11 months or with concentrate supplementation from 7 to 11 months. In any case, prolonging the fattening duration up to 15 months could be less adapted to the economic conditions. Finally, the high individual variability (20 %) appeared for the ADG both at pasture and indoors is an asset for the development of a breeding program.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank Coppry, O., Gobardham, J. and Gravillon, G. for their technical assistance, Etienne, T., Calif, S. and Saminadin, G. for the laboratory analyses, as well as Dr Archimède, H. and Fanchone, A. for critical evaluation of the manuscript.

REFERENCES

- Abdullah, A.Y. and Musallam, H.S., 2007. Effect of different levels of energy on carcass composition and meat quality of male black goats kids. *Livestock Science*, 107, 70-80.
- AFNOR, 2005. Agence Française de Normalisation. <http://www.afnor.fr>.
- Alexandre, G., G. Aumont, J. Fleury, O. Coppry, P. Mulciba, and A. Nepos. 1997. Production semi intensive au pâturage de caprins à viande en zone tropicale humide: le cas des cabris

Créoles sur pangola (*Digitaria decumbens*) en Guadeloupe. INRA Productions Animales. 10, 43-54.

Alexandre, G., Asselin de Beauville, S., Shitalou, E. and Zebus, M. F., 2008. An overview of the goat meat sector in Guadeloupe: conditions of production, consumer preferences, cultural functions and economic implications. Livestock Research for Rural Development, 20, Article #14. <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1/alex20014.htm>.

Alexandre, G., Aumont, G., Mainaud, J. C., Fleury, J. and Naves M. 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole goats during the suckling period. Small Ruminant Research, 34, 157-162.

Almeida, A.M., Schwalbach, L.M., De Waal, H.O., Greyling, J.P.C. and Cardoso, L.A., 2006. The effect of supplementation on productive performance of Boer goat bucks fed winter veld hay. Tropical Animal Health and Production, 38, 443-449.

Atti, N., Rouissi, H. and Mahouachi, M., 2004. The effect of dietary crude protein level on growth, carcass and meat composition of male kids in Tunisia. Small Ruminant Research, 54, 89-97.

Atti, N., Mahouachi, M., and Rouissi, H., 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. Inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. Meat Science, 73, 229-235.

Aurousseau, B., Bauchart, D., Calichon, E., Micol, D. and Priolo, A., 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the m. *Longissimus thoracis* of lambs. Meat Science, 66, 531-541.

Banskalieva, V., Sahlu, T. and Goetsch, A.L., 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. Small Ruminant Research, 37, 255-268.

Bas, P., Archimede, H., Rouzeau, A. and Sauvant, D., 2003. Fatty acid composition of mixed-rumen bacteria: Effect of concentration and type of forage. Journal Dairy Science, 86, 2940-2948.

Bas, P., Dahbi, E., El Aich, A., Morand-Fehr, P. and Araba, A., 2005. Effect of feeding on fatty acid composition of muscles and adipose tissues in young goats raised in the argan tree forest of Morocco. Meat Science, 71, 317-326.

- Beserra, F. J., Madruga, M. S., Leite, A. M., da Silva, E. M. C. and Maia, E. L., 2004. Effect of age at slaughter on chemical composition of meat from Moxotó goats and their crosses. *Small Ruminant Research*, 55, 177-181.
- Bessa, R.J.B., Portugal, P.V. and Mendes, I.A., 2005. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livestock Production Science*, 96, 185-194.
- Bhuyan, R., Baruah, K.K., Bora, M.C. and Das, P.C., 1996. Effect of plane of nutrition on carcass characteristics of crossbred (Beetal x Assam local) goat. *Indian Veterinary Journal*, 73-77.
- Cameron, M.R., Luo J., Sahlu, T., Hart, S.P., Coleman, S.W. and Goetsch A.L., 2001. Growth and slaughter traits of Boer*Spanish, Boer*Angora and Spanish goats consuming a concentrate-based diet. *Journal Animal Science*, 79, 1423-1430.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A.H., Mercer, G.J.K. and Duganzich, D.M., 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights. *Small Ruminant Research*, 7, 161-173.
- Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P. and Kirton, A.H., 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livestock Production Science*, 17, 149-159.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G. and Murray, P.J., 2003. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Ruminant Research*, 50, 57-66.
- Douglas, J., Horgan Peter, N., Jones Neville, L., King Lyndon B. and Kurth Ronald K., 1991. The relationship between animal age and the thermal ability and cross-link content of collagen from five goat muscles. *Meat Science*, 29, 251-262.
- FAO. 2007. Subregional report on animal genetic resources: the Caribbean. Annex to *The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome, pp28.
- Fehr, P., Sauvant, D., Delage, J., Dumont, B. L. and Roy, G., 1976. Effect of feeding methods and age at slaughter on growth performances and carcass characteristics of entire young male goats. *Livestock Production Science*, 3, 183-194.
- Geay, Y., Bauchard, D., Hocquette, J.F. and Culoli, J., 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants,

- consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction, Nutrition, Development*, 41, 1-26.
- Glasser, F., Schmidely, P., Sauvant, D. and Doreau, M., 2008. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors C18: 2 fatty acids. *Animal*, 2, 691-704.
- Hammond, J., 1932. *Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep*. Oliver and Boyd, Edinburgh, UK.
- Hango, A., Mtenga, L.A., Kifaro, G.C., Safari, J., Mushi, D.E. and Muhikambele, V.R.M., 2007. A study on growth performance and carcass characteristics of Small East African goats under different feeding regimes. *Livestock Research for Rural Development*, 19.
- Hocquette, J.F., Ortigues-Marty, I., Pethick, D., Herpin, P. and Fernandez, X., 1998. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livestock Production Science*, 56, 115–143.
- Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Ruminant nutrition. Recommended allowances and feed tables. Jarrige R. (Ed.), John Libbey Eurotext, London-Paris, 1989.
- Kannan, G., Gadiyaram, K.M., Galipalli, S., Carmichael, A., Kouakou, B., Pringle, T.D., McMillin, K.W. and Gelaye S., 2006. Meat quality in goats as influenced by dietary protein and energy levels, and postmortem aging. *Small Ruminant Research*, 61, 45–52.
- Kempster, A.J., 1981. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. *Meat Science*, 5, 83-98.
- Lee , J. H., Kouakou, B. and Kannan, G., 2008. Chemical composition and quality characteristics of chevon from goats fed three different post-weaning diets. *Small Ruminant Research*, 75, 177–184.
- McAfee, A.J., McSorley, E.M., Cuskelly, G.J., Moss, B.W., Wallace, J.M.W., Bonham, M.P. and Fearon, A.M., 2010. Review. Red meat consumption: An overview of the risks and benefit. *Meat Science*, 84, 1–13.
- Mahgoub, O., Khan, A. J., Al Maqbaly, R. S., Al Sabahi, J. N., Annamalai, K., and. Al Sakry, N. M., 2002. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. *Meat Science*, 61, 381-387.
- Mahgoub, O., Kadim, I.T., Al Saqry, N.M. and Al Busaidi, R.M., 2004. Effects of body weight and sex on carcass tissue distribution in goats. *Meat Science*, 67, 577-585.

- Mahgoub, O. and Lodge, G.A., 1996. Growth and body composition in meat production of Omani Batina goats. *Small Ruminant Research*, 19, 233-246.
- Mahgoub, O., Khan, A.J., Al-Maqbalya, R.S., Al-Sabahi, J.N., Annamalai, K. and Al-Sakry, N.M., 2002. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. *Meat Science*, 61, 381-387.
- Mahgoub, O. and Lu, C.D., 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes. *Small Ruminant Research*, 27, 267-278.
- Mahgoub, O., Lu, C.D., Hameed, M.S., Richie, A., Al-Halhali, A.S. and Annamalai, K., 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolizable energy densities. *Small Ruminant Research*, 58, 175-180.
- Mandonnet, N., Aumont, G., Fleury, J., Arquet, R., Varo, H., Gruner, L., Bouix, J. and Khang, J.V., 2001. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics. *Journal of Animal Science*, 79, 1706-1712.
- Monte, A.L., De S., Selaive-Villarroel, A.B., Perez, J.R.O., Zapata, J.F.F., Beserra, F.J. and De Oliveira, A.N., 2007. Commercial cut and tissue yields in carcasses from crossbred kid goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 2127-2133.
- Ngwa, A.T., Dawson, L.J., Puchala, R., Detweiler, G., Merkel, R.C., Tovar-Luna, I., Sahlu, T., Ferrell, C.L. and Goetsch, A.L., 2007. Effect of initial body condition of Boer x Spanish yearling goat wethers and level of nutrient intake on body composition. *Small Ruminant Research*, 73, 13-26.
- Oman, J.S., Waldron, D.F., Griffin, D.B. and Savell, J.W., 1999. Effect of breed type and feeding regimen on goat carcass traits. *Journal of Animal Science*, 77, 3215-3218.
- Oury, M. P., Picard, B., Istasse, L., Micol, D. and Dumont, R., 2007. Mode de conduite en élevage et tendreté de la viande bovine. *INRA Production Animal*, 20, 309-326.
- Phengvichith, V. and Ledin, I., 2007. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats. *Tropical Animal Health and Production*, 39, 59-70.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S. and Dransfield, E., 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Science*, 62, 179-185.

- Ruvuna, F., Taylor, J. F., Okeyo, M., Wanyoike, M. and Ahuya, C., 1992. Effects of breed and castration on slaughter weight and carcass composition of goats. Small Ruminant Research, 7, 175-183.
- Rhee, K. S., Waldron, D. F., Ziprin, Y. A. and Rhee, K. C, 2000. Fatty acid composition of goat diets vs intramuscular fat. Meat Science, 54, 313-318.
- Ryan, S.M., Unruh, J.A., Corrigan, M.E., Drouillard, J.S. and Seyfert, M., 2007. Effects of concentrate level on carcass traits of Boer crossbred goats. Small Ruminant Research, 73, 67-76.
- Sanon, H.O., Kaboré-Zoungrana C. and Ledin I., 2008. Growth and carcass characteristics of male Sahelian goats fed leaves or pods of *Pterocarpus lucens* or *Acacia senegal*. Livestock Science, doi:10.1016/j.livsci.2007.12.011.
- SAS, 1999. SAS/ STAT User's guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sen, A.R., Santra, A. and Karim, S.A., 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. Meat Science, 66, 757-763.
- Shiba, N., Matsuzaki, M. and Tsuneishi, E, 2004. Effects of pre-slaughter nutritional condition on intramuscular collagen solubility, pyridinoline cross-links and meat tenderness in aged goats. Animal Science Journal, 75, 319-324.
- Simela, L., Webb, E.C. and Frylinck, L., 2004. Post-mortem metabolic status, pH and temperature of chevon from indigenous South African goats slaughtered under commercial conditions. South African Journal of Animal Science, 34, 204-207.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74, 3583-3597.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser M., Hughes S.I., Richardson R.I. and Wood, J.D., 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. Meat Science, 78 256-269.
- Warmington, B.G. and Kirton, A.H., 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. Small Ruminant Research, 3, 147-165.
- Webb, E.C., Casey N. and Simela, L., 2005. Goat meat quality. Small Ruminant Research, 60, 153-166.

- Werdi Pratiwi N.M, Murray, P.J. and Taylor, D.G., 2007. Feral goats in Australia: A study on the quality and nutritive value of their meat. *Meat Science*, 75, 168–177.
- Vlaeminck, B., Fievez, V., Demeyer, D., and Dewhurst, R. J., 2006. Effect of forage:concentrate ratio on fatty acid composition of rumen bacteria isolated from ruminal and duodenal digesta. *Journal of Dairy Science*, 89, 2668-2678.
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M.M. and Kasapidou, E., 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21–32.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., and Whittington, F. M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78, 343-358.

Table 1

Chemical composition of experimental diets (on a dry matter basis; g/kg DM)

Ingredient, chemical composition and feeding value of the different components of the diet.

Diet	Concentrate pellets ^a	Tropical forage
DM	889	256
g/kg DM		
CP	209	138
EE	25	14
NDF	168	702
ADF	47	337
ADL	17	39
C14:0	0,10	0,12
C16:0	4,55	1,53
C16:1	0,04	0,01
C18:0	0,66	0,25
C18:1	5,16	0,28
C18:2	3,51	0,90
C18:3	0,15	1,13
Feeding value ^b per kgDM		
UFL	1.15	0.73
PDIN(g)	151	78
PDIE (g)	150	90

^a Composition, per kg as-fed basis: 680 g of corn grain, 150 g of soybean cake, 110 g of wheat bran, 10 g of urea and 50 g vitamin and mineral supplement.

^b According to INRA feeding system (INRA, 1989)

Table 2

Growth performances, and carcass traits of Creole bucks according to feeding regimen and age at slaughter.

C group Age at slaughter (A)	C0			C50			SE ^a	Significance ^b		
	7	11	15	7	11	15		C	A	C x A
N	16	16	13	15	16	15				
DG (g/d)	46.4	46.6	46.5	83.5	87.7	78.4	3.42	**	NS	NS
Total DM intake (g/j)	532	554	509	603	681	707	29.3	**	*	NS
Feed conversion ratio	11.5	11.9	10.9	7.2	7.8	9.0	0.18	**	*	*
Slaughter weight (kg)	16.0	20.5	25.5	19.2	30.5	36.5	3.6	**	**	NS
EBW (kg)	10.5	13.2	18.1	14.8	24.4	29.5	2.7	**	**	NS
Hot carcass weight (kg)	5.8	7.4	10.6	8.6	15.1	18.7	1.8	**	**	NS
Cold carcass weight (kg)	5.5	7.1	10.3	8.4	14.8	18.4	1.8	**	**	NS
Dressing percentage (%)	52.8	53.8	57.0	57.1	60.7	62.4	2.7	**	**	NS
Conformation (1-5)	2.2	2.7	3.4	3.3	4.3	4.9	0.9	**	**	NS
External fat (1-5)	1.5	1.8	2.1	3.1	3.1	2.9	0.6	**	**	NS
Internal fat (1-5)	1.7	2.3	2.8	3.1	3.5	4.8	0.7	**	**	NS
Colour(1-4)	1.6	2.1	2.6	1.7	1.9	3.0	0.4	*	*	NS
Omental fat (g)	73	132	201	211	568	946	171	**	**	NS
Perirenal fat (g)	48	78	112	122	326	599	144	**	**	NS
Mesenteric fat (g)	170	198	273	236	466	650	153	**	**	NS
Total fat (% EBW)	2.8	3.1	3.2	3.8	5.6	7.2	0.9	**	**	NS
Empty GI- tract (% EBW)	11.8	11.5	9.3	9.6	6.5	5.6	1.60	**	**	NS
Red organs (%)	5.4	5.0	4.3	5.2	4.2	4.0	0.90	NS	*	*
Shoulder (%)	19.6	19.4	19.2	20.1	19.4	18.1	0.7	NS	NS	NS
Neck (%)	11.0	12.3	13.7	11.4	14.7	15.4	1.8	NS	**	NS
Long leg (%)	32.1	30.8	29.9	31.4	28.8	27.6	1.5	NS	**	NS
Ribs + loin (%)	22.0	22.3	22.7	22.3	23.0	23.1	1.4	NS	NS	NS
Flank (%)	15.3	15.2	14.4	14.8	14.3	14.8	1.3	NS	NS	NS
Muscle (%)	69.1	70.8	73.7	71.3	74.2	75.1	9.62	*	*	NS
Bone (%)	25.2	23.2	21.2	20.7	19.0	17.9	3.03	*	*	NS
Fat (%)	5.6	5.9	5.1	7.9	6.8	7.0	2.07	**	*	NS
Muscle/bone ratio	2.8	3.1	3.5	3.5	3.9	4.2	0.47	**	*	NS

^a Pooled standard error of means.

^b *: P<0.05; **: P<0.01.

Table 3

Physical measurements on muscle, chemical analyses on shoulder and muscles of Creole bucks according to feeding regimen and age at slaughter

Concentrate level	C0			C50			SE ^a	Significance ^b		
Age at slaughter (months)	7	11	15	7	11	15		C	A	C x A
Physical measures on <i>Longissimus dorsi</i>										
Ultimate pH	5.6	6.9	6.3	5.9	6.1	5.5	0.5	*	NS	*
PEE after cooking, %	22.5	25.9	15.3	19.2	13.1	11.6	5.0	**	**	NS
L	24.7	21.0	25.4	22.4	29.0	28.9	6.7	*	NS	**
a	48.5	46.4	41.0	43.4	41.7	37.9	9.0	**	**	NS
b	16.9	17.3	17.8	16.3	16.7	17.2	2.7	NS	NS	**
EE (g.kg ⁻¹ DM)	6.8	5.8	5.5	5.1	5.4	6.2	1.0	*	NS	NS
Chemical composition of shoulder										
Dry matter (%)	32.0	30.9	36.2	31.9	34.1	49.2	5.1	**	**	NS
Ash (g.kg ⁻¹ DM)	19.7	17.9	15.6	14.4	16.0	12.2	2.7	**	**	NS
CP (g.kg ⁻¹ DM)	60.8	62.1	62.0	61.0	59.0	59.3	3.8	NS	NS	*
EE (g.kg ⁻¹ DM)	20.4	20.5	21.3	25.9	24.2	28.8	4.6	**	*	NS
In <i>Longissimus dorsi</i> muscle										
Soluble collagen, mg/g	42.1	30.1	15.3	30.1	19.3	12.7	12.97	NS	**	NS
Insoluble collagen, mg/g	15.2	14.0	19.6	13.7	15.7	15.3	3.62	NS	NS	NS
Collagen solubility, %	72.9	60.1	41.2	68.4	54.0	41.6	13.52	NS	**	NS
In <i>supraspinatus</i> muscle										
Glycogen content, µmol/g	1.9	2.3	4.7	4.1	4.4	3.2	3.75	NS	NS	NS
Lactate content, µmol/g	60.1	64.9	75.3	67.7	68.8	63.1	13.50	NS	*	NS
GP, µmol/g eq lactate	79.8	68.7	69.1	75.8	77.7	69.5	18.3	NS	NS	NS

^aPooled standard error of means.

^b*: P<0.05; **: P<0.01.

^c GP : Glycolytic Potential

Table 4

Major fatty acid (FA) proportions (g/100g of FA) in adipose tissues (perirenal, n=61 and intermuscular fats, n = 66) and muscle tissue of Creole bucks according to feeding regimen and age at slaughter (months)

C group	C0			C50			SE ^a	Significance ^b		
	Age at slaughter,	7	11	15	7	11	15	C	A	C*A
<i>In perirenal adipose tissue</i>										
DM, %	66.6	68.7	77.2	89.1	91.6	91.8	5.90	**	NS	.NS
Lipid content, %	88.0	95.9	98.6	94.4	98.7	97.4	7.43	NS	**	NS
SFA ^c	53.1	55.6	55.3	53.9	54.7	49.9	2.99	*	NS	*
MUFA ^d ,	32.8	27.7	28.6	31.9	30.8	36.3	3.32	**	**	**
PUFA ^e ,	4.6	4.4	4.3	5.0	5.3	5.1	0.63	**	NS	NS
odd FA ^f ,	3.8	4.4	4.4	2.8	2.5	2.7	0.30	**	NS	**
<i>iso</i> and <i>anteiso</i> FA ^g ,	3.3	4.9	4.7	3.0	3.3	2.8	0.52	**	**	**
n-3 ^h	1.1	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6	0.18	**	NS	NS
n-6 ⁱ	2.4	2.5	2.4	3.5	4.0	3.6	0.49	**	NS	NS
n-6/n-3	2.4	2.5	2.4	5.6	6.7	6.5	0.59	**	**	**
<i>In intermuscular adipose tissue</i>										
DM, %	48.3	56.0	57.0	49.9	70.8	72.0	18.29	**	*	**
Lipid content, %	65.3	73.6	75.9	68.7	83.7	87.7	19.16	NS	*	NS
SFA	52.6	51.1	49.2	42.8	48.8	47.8	4.96	**	NS	*
MUFA	33.7	34.8	36.9	43.0	39.0	39.8	4.95	**	NS	NS
PUFA	4.6	4.5	4.8	4.5	4.8	4.8	0.66	NS	NS	NS
odd FA	3.8	4.0	3.8	3.9	2.7	2.7	0.64	**	*	**
<i>iso</i> and <i>anteiso</i> FA	3.2	3.5	3.3	2.5	2.3	2.4	0.47	**	NS	NS
n-3	1.1	1.0	1.1	0.6	0.5	0.5	0.21	**	NS	NS
n-6	2.4	2.2	2.5	2.7	3.3	3.3	0.51	**	NS	*
n-6/n-3	2.4	2.3	2.7	5.0	6.3	6.7	0.78	**	**	**
<i>In supraspinus muscle tissue</i>										
DM, %	37.6	23.0	30.6	36.3	24.3	29.8	10.51	NS	**	NS
Lipid content, %	12.2	10.1	10.7	11.3	11.2	11.5	3.96	NS	NS	NS
SFA	41.4	41.2	41.9	40.9	41.4	41.5	3.37	NS	NS	NS
MUFA	35.9	37.9	37.8	40.1	38.9	38.8	2.48	**	NS	*

PUFA	10.7	9.7	9.5	9.8	11.0	11.3	2.01	NS	NS	NS
odd FA	3.4	3.8	4.0	3.0	2.5	2.6	0.40	**	NS	**
<i>iso</i> and <i>anteiso</i> FA	2.5	2.7	2.9	1.9	2.0	2.2	0.35	**	*	NS
n-3	2.6	2.1	2.5	1.0	0.9	0.8	0.43	**	NS	NS
n-6	7.2	6.5	5.9	7.9	9.4	9.6	1.87	**	NS	*
n-6/n-3	3.2	3.1	2.3	7.8	11.2	11.6	1.62	**	**	**

^aPooled standard error of means.

^b*: P<0.05; **: P<0.01.

^cSFA = Saturated fatty acids. g/100g of FA

^dMUFA = Monounsaturated fatty acids. g/100g of FA

^ePUFA = Polyunsaturated fatty acids. g/100g of FA

^fodd FA = C13:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1n-8 + C19:0 + C21:0

^g*iso* and *anteiso* FA = *iso*C14:0 + *iso*C15:0 + *anteiso*C15:0 + *iso*C16:0 + *iso*C17:0 + *anteiso*C17:0

^hn-6 FA = C18:2n-6 + C18:3n-6 + C20:2n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6.

ⁱn-3 FA = C18:3n-3 + C20:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3.

4.5. PUBLICATION N°4: EFFETS DES NIVEAUX D'ALIMENTATION ET DU POIDS D'ABATTAGE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET LES QUALITES DE CARCASSES ET DE LA VIANDE

Revue: INRA Productions Animales

Année: 2009

Titre: Intérêts, conditions et conséquences de l'alourdissement des carcasses de caprins Créoles de Guadeloupe (*corrections internes avant soumission*).

Auteurs: L. Liméa, F. Silou, J. Gobillardhan, M. Mahieu, G. Alexandre.

Conditions expérimentales :

Issu du 1^{er} dispositif, ce sous-protocole «poids» concerne les animaux élevés à l'auge (C0 et C50). Les âges/poids d'abattage ont permis de différencier des classes d'abattage d'après le traitement statistique des données expérimentales.

Ainsi, ce sous-protocole a permis discuter les effets poids d'abattage sur des caractéristiques de carcasse (rendement, notation, découpe et données physico-chimiques) et de qualité viande (AG des tissus gras et du muscle).

Un total de 88 animaux (C0, n = 44; C50, n = 44) a été utilisé pour cette étude . Quatre classes de poids d'abattage ont pu être discriminées 18 kg (17-19 kg, n = 22), 21kg (20-22 kg, n = 23) 24 (23-25 kg, n = 23) et 27 kg (26-28 kg, n = 21).

L'objectif est de tester les possibilités d'alourdissement des carcasses de caprins dans des conditions alimentaires contrastées et de décrire les effets sur les performances de croissance et d'abattage des animaux. Les résultats du caprin Créo sont mis en comparaison avec une compilation des données de la littérature.

Intérêts, conditions et conséquences de l'alourdissement des carcasses de caprins Créoles de Guadeloupe.

L. Liméa¹, F. Silou², J. Gobillardhan³, M. Mahieu¹, G. Alexandre^{1*}.

- 1) INRA UR 143 Unité de Recherches Zootechniques, Centre Antilles-Guyane, Domaine Duclos, 97170 Petit Bourg, Guadeloupe
- 2) INRA UE 503 Unité Expérimentale en Production et Santé Animale, Centre INRA-Antilles-Guyane, Domaine Duclos, 97170 Petit Bourg, Guadeloupe
- 3) INRA UE 467 Domaine Expérimental de Gardel, Centre INRA-Antilles-Guyane, 97160 Le Moule, Guadeloupe

* correspondance à adresser Tel:05902559 33; Fax: 0590255936;
e-mail: gisele.alexandre@antilles.inra.fr

Chapeau introductif

Le caprin créole de Guadeloupe est une race locale de format moyen qui présente des caractéristiques de production intéressantes en régions tropicales, généralement connues pour être peu favorables à l'obtention de niveau de performances élevées. Il s'agit d'une race à vocation essentiellement bouchère, bien que peu de travaux aient été menés sur les caractéristiques de la carcasse. Le mode d'alimentation le plus fréquent est traditionnellement le pâturage, mais ce mode d'élevage engendre des croissances lentes et des conformations peu appréciées des bouchers. Le passage par un système intensif pourrait permettre de résoudre ces contraintes, cependant il peut augmenter l'adiposité de la carcasse avec une incidence négative sur sa valorisation. Par ailleurs, nous assistons dans les pratiques d'élevage actuelles, à l'introduction de races de grand format et à fort potentiel de croissance, alors même qu'un projet de sélection du Créole sur sa rusticité et sa productivité est lancé. En effet, les éleveurs réclament des animaux plus lourds et les bouchers des carcasses mieux conformées. Ainsi pour répondre aux attentes professionnelles et sociétales, il convient d'alourdir les carcasses, d'améliorer la conformation tout en contrôlant l'engraissement. Dans cette optique, nous avons entrepris l'étude des caractéristiques des carcasses obtenues à différents poids d'abattage et selon deux régimes alimentaires très différenciés afin de définir un poids optimal d'abattage correspondant à une carcasse

conforme aux attentes des bouchers. Les travaux sur les profils d'acides gras sont présentés dans d'autres publications.

Résumé

Les caprins Créoles de Guadeloupe forment une population d'animaux de format moyen, élevés principalement pour leur viande. Cependant éleveurs et bouchers lui reprochent la production de carcasses trop légères et mal conformées. L'étude rapportée ici vise à étudier l'influence du poids d'abattage de jeunes mâles sur les caractéristiques des carcasses obtenues. Un dispositif factoriel 4*2, quatre classes de poids d'abattage (18, 21, 24 et 27 kg vif) et 2 régimes alimentaires (C0 -herbe seule vs. C50 - herbe plus 50 % de concentrés) a été mis en place. Les durées d'engraissement ont été raccourcies de 100 j en moyenne pour les animaux complémentés, quelque soit leur classe de poids d'abattage, tandis que les indices de développement musculaires ont été améliorés. Les dépôts adipeux tendent à augmenter avec le poids pour les animaux complémentés, mais restent à un niveau faible par rapport aux données obtenues sur d'autres races. Le rendement vrai augmente de 2 points entre animaux non complémentés et complémentés. La note de conformation augmente avec le poids d'abattage et avec la complémentation. L'importance relative du collier augmente avec le poids d'abattage (+ 2 points), tandis que celle du gigot diminue (-1,6 points), en relation avec le développement des caractères sexuels secondaires. Les morceaux nobles représentent près de 63 % de la carcasse. Le pourcentage de muscles de l'épaule et du gigot varie avec le mode d'alimentation (70 vs. 74 % et 73 vs. 77 %, pour les lots C0 et C50, respectivement). Comparé aux données disponibles sur d'autres races, la chèvre Créole de Guadeloupe présente des qualités bouchères intéressantes, moyennant une alimentation adaptée et un poids d'abattage suffisant.

Mots-clés: alimentation- carcasse -caprin créole - découpe - mensurations - poids

Introduction

Aux Antilles Françaises, l'élevage caprin, bien que largement reconnu de valeur multifonctionnelle (Alexandre et al., 2008) est essentiellement orienté vers la production de viande. Les modes d'élevage, principalement au pâturage (Alexandre et al., 1997), sont basés sur l'exploitation du caprin Créole qui appartient à une population très répandue dans la Caraïbe (Navès et al., 2001). Un programme de sélection est en cours qui prend en compte ses

capacités d'adaptation (résistance au climat et aux parasites, Mandonnet et al., 2001) et ses qualités maternelles (Alexandre et al., 1999). A l'échelle du troupeau et du système pâtré les niveaux de productivité sont très satisfaisants (Mahieu et al., 2008). Les performances d'engraissement et la conformation de la carcasse sont encore peu étudiées. D'une façon générale, le caprin Créo de format moyen sevré avant 3 mois à 8-9 kg est abattu à un poids vif de 18-20 kg (soit environ 36 % de son poids adulte) qui peut être atteint entre 8 et 18 mois selon le système d'élevage. La demande des consommateurs est très forte et la production locale insuffisante avec un prix du marché qui se situe en moyenne à 20 €/ kg de carcasse (Alexandre et al., 2008). Les éleveurs souhaitent alourdir les carcasses et les bouchers lui reprochent une faible conformation (Alexandre et al., 2008). Or, il est difficile de faire la part entre les facteurs génétiques et environnementaux dans l'obtention des performances. En effet, le mode d'élevage le plus répandu qui se déroule au pâturage ne permet que difficilement l'alourdissement des carcasses et l'amélioration de la conformation. Ceux-ci dépendent de l'ingestion d'aliments riches en énergie et azote (Atti et al., 2004; Almeida et al., 2006 ; Fernandes et al., 2007).

Peut-on alourdir la carcasse, améliorer la conformation, et les rendements en carcasse, en morceaux nobles et en viande avec ce génotype non sélectionné en augmentant le poids vif d'abattage? Par ailleurs, étant donné les conditions générales d'élevage à l'herbe, quels sont les effets d'une augmentation de la densité énergétique de la ration sur les mêmes critères? L'objectif de ce travail est de tester l'effet du poids d'abattage des animaux élevés selon deux modes d'alimentation contrastés, sur les performances de croissance des animaux et les caractéristiques et critères qualitatifs de leurs carcasses. Une compilation des travaux internationaux permettra de comparer le caprin Créo à de nombreux autres génotypes et discuter de son intérêt pour la filière.

1. Conditions expérimentales

1.1. Conduite des animaux

Les chevreaux mâles entiers étaient élevés à l'auge après le sevrage (Tableau 1) et recevaient deux types d'alimentation. Dans le lot bas niveau ou C0 ($n = 44$), les chevreaux recevaient *ad libitum* du fourrage vert (0,72 UFL et 90 g PDIN/kg MS); dans le lot haut niveau ou C50 ($n = 44$), la ration mixte comportait le même fourrage complémenté par 50 % de concentré. Ils ont été abattus à poids constant : 18, 21, 24 et 27 kg (Tableau 1). Les animaux étaient pesés toutes les deux semaines jusqu'à leur abattage.

1.2. Mesures à l'abattage et sur carcasse

La veille de l'abattage, les animaux étaient pesés (poids vif d'abattage), puis maintenus à jeun (avec un accès libre à l'eau) jusqu'au lendemain. Le jour de l'abattage, les animaux étaient pesés à nouveau (poids vif à jeun). La procédure d'abattage de routine donnaient lieu à des mesures standardisées : pesées de différents éléments du corps puis de la carcasse, tête, pattes, peau, abats rouges (foie, poumons, cœur), du tractus gastro-intestinal plein puis des abats blancs vides (rumen-réseau, feuillet, caillette, petit et gros intestins), des tissus gras (omental, intestinal associé aux ganglions), et des déchets totaux (trachée, organes génitaux, vésicule biliaire, vessie vidée, pancréas, rate). Enfin, la carcasse chaude (CC) était pesée avec les rognons (poids carcasse chaude). Puis, elle était stockée en chambre froide ventilée à 4°C. Vingt-quatre heures après le ressuyage, la carcasse était pesée froide (CF). La notation des carcasses se faisait selon leur conformation, leur état d'engraissement et la couleur de la viande. Cette notation était basée sur les grilles de classification d'agneaux légers (OFIVAL 2005) appliquées aux cabris. Les critères pris en compte étaient : la conformation de l'animal (de 1, très concave, à 5, très convexe), son état d'engraissement (extérieur et interne, de 1, très maigre, à 5, très gras) et de couleur (de 1, rose pâle à 4, très rouge). La couleur de la viande a été mesurée sur la noix de la 4^{eme} côte (chromophotomètre Minolta CR-300 utilisant les échelles CIE 1986 de L*, a*, b*); et le pH ultime déterminé (pHmètre, Bioblock Scientific IP67) sur le même muscle. Le pouvoir de rétention de l'eau (PRE) a été déterminé sur la noix de la 7^{ème} côte placé dans un sac en polyéthylène en chambre réfrigérée et calculée par différence du poids final (24 à 48 h) au poids initial de l'échantillon.

Des mensurations rappelées par Laville et al. (2002) pour ovins étaient effectuées sur la carcasse entière pendue: largeur du bassin «G» (plus grande largueur au niveau des trochanters), largeur au thorax «Wr» (plus grande largeur au niveau des côtes), profondeur de poitrine «Th» (profondeur du thorax au niveau de la 6^{ème} côte), longueur de carcasse «K» (distance queue-cou). Avant la découpe en demi carcasses, les rognons et le gras péri-rénal étaient détachés et pesés. Sur la demi carcasse gauche étaient mesurées: la longueur du gigot ou «jarret-symphysé» (distance la plus courte entre le périnée et le bord intérieur de la surface tarso-métatarsienne "F"), la longueur de la carcasse ou «longueur totale» (distance depuis le bord antérieur de la symphyse pubienne jusqu'au milieu du bord apparent de la 1^{ère} côte "L"). La demi carcasse gauche était découpée anatomiquement en 5 morceaux selon Colomer-Rocher et al. (1987): épaule, collier, poitrine, côtes (filet, carré découvert, carré couvert),

gigot (raccourci du gigot et selle). L'épaule et le gigot étaient disséqués en muscles, os, et gras intermusculaire.

1.3. Calculs et analyses statistiques

Le poids vif vide (PVV) a été calculé comme la différence entre le poids vif à jeun avant abattage et le contenu du tube digestif ; le rendement commercial représente le rapport entre le poids de carcasse et le poids vif à jeun ; et le rendement de carcasse vrai était calculé comme le rapport entre le poids de carcasse froide et le poids vif vide (CF/PVV).

L'index de compacité de la carcasse est défini (Laville et al., 2002) comme étant le rapport de la largeur du bassin sur la longueur queue-cou et l'index de compacité du gigot comme étant le rapport de la largeur du bassin sur la longueur du gigot. De plus des index pondéraux ont été calculés, à savoir poids sur longueur, de la carcasse ou du gigot, respectivement.

Quatre classes de poids d'abattage étaient déterminées 18 kg (17–19 kg, n = 22), 21kg (20-22 kg, n = 23) 24 (23-25 kg, n = 23) et 27 kg (26-28 kg, n = 21). Une analyse de variance a été réalisée sur les différentes variables mesurées avec le modèle linéaire général (Minitab V14,2 software) en prenant en compte les effets du mode d'alimentation et de la classe de poids à l'abattage et l'interaction qui a été prise en considération. La covariable âge d'abattage a été prise en compte quand elle s'avérait statistiquement significative.

2. Résultats et discussions

2.1. Croissance et carcasse

Les vitesses de croissance n'ont pas varié significativement avec la classe de poids (Tableau 2); l'âge d'abattage est plus élevé de 60 jours en moyenne entre chacune des 3 premières classes de poids. Par ailleurs, la complémentation alimentaire (C50) a fait gagner 100 jours ($P < 0.01$) en moyenne de durée d'engraissement par rapport aux animaux non complémentés (C0). Pour les chevreaux les plus lourds, le différentiel de croissance s'est incrémenté entre les complémentés et non complémentés bien que l'interaction poids*alimentation n'ait pas été statistiquement significative. Pour une différence entre les deux extrêmes des classes de PV de l'ordre de 10 kg, le poids de carcasse a quasi doublé d'une extrême à l'autre (6.7 kg vs. 11.6 kg, $P < 0.01$). En revanche, les variations du rendement de carcasse vrai au sein des différentes classes de poids n'étaient pas significativement différentes. L'apport de 50 % concentrés dans la ration en moyenne a été suivi d'une augmentation ($P < 0.05$) de 67 % du GMQ et conséutivement de 20 % de leur poids vif vide et de 25 % de leur poids de carcasse

froide. Le rendement vrai augmente ($P < 0.05$) de 2 points entre les chevreaux complémentés et non complémentés.

Une compilation des données de la littérature (Figure 1) laisse apparaître une augmentation du rendement commercial en fonction du poids d'abattage. Il est vrai que les modes de mesures du rendement diffèrent d'une étude à l'autre, les facteurs races, types d'aliments et modes d'élevage sont des facteurs supplémentaires de différenciation. Quant à l'effet bénéfique d'une alimentation riche et équilibrée, plusieurs auteurs travaillant sur d'autres chèvres tropicales ont déjà observé cet effet (Mahgoub et al., 2005; Hango et al., 2007; Ryan et al., 2007). Cependant il semblerait que la marge de progrès observé dans notre étude était plus marquée (67 % de différence). Ainsi, la chèvre Boer sélectionnée pour la production de viande ou ses produits croisés atteignent des GMQ maximum variables selon les études mais représentant de 14 à 41 % d'augmentation par rapport à leurs contemporains élevés à l'herbe (Van Niekerk and Casey 1988; Oman et al., 1999; Almeida et al., 2006; Ryan et al., 2007).

Des valeurs de GMQ plus élevées ont été rapportées (92 à 148 g/d) pour d'autres génotypes tropicaux alimentés à base de ration hautement énergétique (Mahgoub and Lu 1998; Dhanda et al., 2003; Almeida et al., 2006; Phengvichith and Ledin 2007). Cependant, un calcul du GMQ relativement au poids de naissance atteint 4.5 % pour le caprin Créo et les données apparaissaient similaires à ceux des caprins Batina (4.1 %, Mahgoub and Lu 1998) ou des croisés Boer (4.3 %, Dhanda et al., 2003). Il apparaît bien une marge de progrès pour cette race non encore sélectionnée pour la viande dès qu'elle est élevée en conditions d'alimentation adéquates. L'herbe seule et particulièrement les fourrages tropicaux exploités de façon inadéquate (Archimède et al., 2000), ne permettent pas de couvrir les besoins d'engraissement et il est évident que dans ces conditions la durée d'engraissement s'allonge pour atteindre le poids d'abattage final ainsi que l'ont observé Simela et al. (1999) et Almeida et al. (2006).

Les performances à l'abattage (poids de carcasse et rendement commercial) atteints sont très satisfaisants comparativement aux données revues (Figure 1). Il est par ailleurs bien établi que les rations mixtes riches en énergie améliorent ces caractéristiques de carcasse, comparativement aux animaux alimentés à l'herbe seule (Oman et al., 1999; Mahgoub et al., 2005; Hango et al., 2007; Ryan et al., 2007; Sanon et al., 2008). Les rendements vrais obtenus dans les meilleures conditions (classes de poids élevées et alimentation haute, entre 55 et 57 %, sont dans les valeurs hautes de la gamme de variation rapportées dans des travaux menés dans des conditions similaires (Sen et al., 2004; Mahgoub et al., 2005; Webb et al., 2005).

Pour les animaux à bas niveau d'alimentation, un rendement de carcasse relativement satisfaisant a été obtenu (42 et 54 %, respectivement selon le mode de calcul) et était supérieur à ceux rapportés pour les autres génotypes tropicaux alimentés à l'herbe seule et pour une gamme de poids similaire (Mahgoub et al., 2005; Almeida et al., 2006; Phengvichith and Ledin 2007).

Quant à la note de conformation (Tableau 1), elle a varié ($P < 0.05$) avec les classes de poids ($> + 1$ point) et le niveau d'alimentation (0.5 point). Tandis que le gras interne a augmenté ($P < 0.05$) seulement avec le niveau d'alimentation. Il apparaît une interaction significative ($P < 0.05$) entre poids d'abattage et alimentation pour la note de gras externe : pour les animaux alimentés à l'herbe, à l'inverse de ce qui est observé pour les chevreaux élevés au concentré, elle ne varie pas avec le gradient de poids. Le gras de couverture reste cependant à un niveau très acceptable par les consommateurs, puis qu'il ne dépasse pas la note de 3 (sur 5) en moyenne dans le lot C50.

Les notes de couleur qui s'incrémentent avec le poids et l'alimentation herbacée vont dans le sens des variations dues à l'âge des animaux (classe de poids plus élevée et croissance ralentie à l'herbe). En effet l'âge est un facteur prépondérant pour la couleur de la viande (INTERBEV, 2006).

2.2. Paramètres à l'abattage et à la découpe

Les proportions des parties du corps, des organes et des morceaux découpés sont présentées dans le tableau 3. Le poids d'abattage a un effet significatif ($P < 0.05$) sur les pourcentages en poids des pattes, de la peau et des abats rouges et blancs tandis que l'alimentation influence significativement ($P < 0.05$) le pourcentage de peau et d'abats rouges et blancs. La proportion du tractus digestif était plus marquée chez les animaux nourris à l'herbe et peut être expliquée par la distension du rumen-réseau ainsi que du gros intestin sous l'effet de l'alimentation fourragère fibreuse, connue pour générer un fort encombrement, une rétention plus élevée et un contenu digestif plus élevé. Kouakou et al. (1997) ont déjà reporté que les fourrages tropicaux de qualité faible à moyenne affectent la masse et proportion de ces organes. Quant aux dépôts adipeux, les proportions des dépôts autour du rumen et des rognons (dans une moindre proportion autour des intestins) étaient 1.25 fois supérieures ($P < 0.01$) dans les carcasses du groupe complémenté comparativement à celles du groupe à l'herbe, comme observé pour la note de gras interne. L'étendue de variation était cependant moindre dans nos

travaux que celle rapportée par la littérature (Phengvichith and Ledin 2007; Ryan et al., 2007), où un taux multiplicateur de 2 à 4 fois a été signalé. Cependant le gras abdominal ne représente en moyenne que 3.0 à 3.8 % du PV vide tandis que les autres auteurs rapportent entre 5.6 à 7.2 %. (Cameron et al., 2001; Sen et al., 2004; Phengvichith and Ledin 2007).

Les morceaux de la carcasse (en valeur relative, Tableau 2) ont peu varié avec les facteurs étudiés sauf la proportion de collier qui a augmenté (+ 2 points) et celle du gigot qui a diminué (-1,6 point) avec la classe de poids. Il est connu que l'âge (qui augmente corrélativement au poids d'abattage) a un effet significatif sur la proportion du gigot tel que reporté par Colomer-Rocher et al. (1992). Mais c'est le collier qui varie de façon plus marquée et régulière sans doute du fait de la maturation sexuelle des boucs entiers qui atteignent leur puberté dès l'âge de 6 mois (Alexandre et al., 1997). Le gigot représente 30 % de la carcasse et soutient la comparaison avec les valeurs rapportées pour les caprins viande bien conformés (28 à 33 % ; Sen et al., 2004; Webb et al., 2005; Ryan et al., 2007). D'une façon générale, les carcasses de caprins Créoles semblent présenter des caractéristiques de découpe supérieures à celle reportées pour les autres races tropicales (Figure 2) bien qu'il ne soit pas toujours aisément de comparer les méthodes de découpe. En effet, bien que soit recommandée une procédure standard de découpe et d'appréciation des carcasses de caprins (Colomer-Rocher et al., 1987) de nombreux travaux ne l'utilisent pas et rendent difficiles les comparaisons. La distribution des morceaux nobles n'a pas varié avec les facteurs étudiés et représente une part importante, près de 63 %, à commercialiser ce qui est un élément d'appel fort pour les bouchers désireux de valoriser les carcasses de caprins créoles (Alexandre et al., 2008).

2.3. Dissection de l'épaule et du gigot

Du fait de l'augmentation des poids des morceaux consécutifs à l'augmentation des poids de carcasse, les différents tissus (muscle, os et gras intermusculaire) disséqués dans l'épaule et le gigot, suivent les mêmes tendances, c'est ainsi que les discussions portent sur leurs proportions (Tableau 3). Les pourcentages de gras intermusculaire varient ($P < 0.05$) diversement selon le type d'alimentation et le type de morceau, mais les variations avec la classe de poids ne sont pas significatives ($P > 0.05$). Les deux facteurs de variation étudiés ont un effet significatif ($P < 0.05$) sur les proportions d'os et de muscles qui varient en sens inverse l'une de l'autre, (Tableau 3). Les évolutions avec la classe de poids et/ou avec l'alimentation s'expliquent par les lois d'évolution de Hammond (1932) des tissus au cours du

développent des animaux en croissance elles mêmes illustrées chez l'espèce caprine par Fehr et al. (1976), ou Colomer-Rocher et al. (1992).

L'épaule et le gigot sont connus pour avoir la plus forte proportion de muscles. Dans cette étude les valeurs sont en faveur du gigot comparativement à l'épaule (3 à 4 points de plus) dans la suite logique aussi de la part prise par ce morceau dans la carcasse. Des conclusions similaires ont déjà été rapportées ailleurs (Cameron et al., 2001; Abdullah and Musallam 2007). Cependant, dans notre étude les proportions atteignent 70 à 74 % (épaule) et 73 à 77 % (gigot), tandis que dans les références citées les valeurs varient, d'un génotype à l'autre, de 68.5 à 71.4 % vs. 65.3 à 67.6 %, dans l'épaule et le gigot respectivement. La plus forte proportion de muscle observée chez le Créolet pourrait être due à la plus faible proportion de gras (3-7 %, tout facteur et morceau confondus) observée ici comparée aux 10-13 % observées par Dhanda et al. (2003). Des tendances similaires sont soulignées en comparant le Créolet au bouc Saanen New-Zealand dans une même gamme de variation de poids d'abattage (Colomer-Rocher et al., 1992). Les différences pourraient venir non seulement d'une plus forte proportion de gras mais aussi d'une plus forte proportion d'os chez la chèvre New-Zealand (23-26 %) alors que le Créolet aurait 20-24 % d'os (tout facteur et morceau confondus). En droite ligne des observations faites sur les autres dépôts adipeux, les gras intermusculaires (en %) sont plus élevés dans le lot des chevreaux complémentés que dans le lot alimenté à l'herbe et ce de façon plus marquée dans l'épaule que dans le gigot. En effet, le caprin a tendance à déposer d'avantage de tissus dans l'avant train que dans l'arrière train, en particulier en comparaison avec l'ovin (Mahgoub and Lodge 1996; Cameron et al., 2001). L'allométrie positive du gigot, déjà reportée (Fehr et al., 1976 ; Colomer-Rocher et al., 1992) et l'accumulation tardive du gras (Hammond, 1932) expliquent cette répartition.

Selon Hopkins et al., (1997), un paramètre supplémentaire qui permet de décrire le potentiel de production de viande pourrait être comme chez le mouton le rapport muscle/os qui semble être plus adapté et discriminant que la muscularité (Laville et al., 2002) Ce caractère est particulièrement marqué pour les boucs Créolets puisque leurs valeurs se classent parmi les plus hautes valeurs reportées dans la littérature (Figure 3). Elles sont comparables aux données des génotypes croisés Boer élevés en Australie (Dhanda et al., 2003) ou au Brésil (Monte et al., 2007). Il est important de noter que d'autres études sur la viande caprine indiquent des valeurs plus faibles: 2.3 à 2.9, Cameron et al. (2001) ou 2.3 à 2.5, Atti et al. (2004).

2.4. Mensurations linéaires des carcasses

Les mensurations augmentent ($P < 0.05$) avec la classe de poids et le niveau d'alimentation (Tableau 4). Selon De Boer et al. (1974), les mensurations linéaires de la carcasse sont des indices de développement du squelette et aident indirectement à décrire la conformation, elles sont dépendantes du génotype, sexe et du régime alimentaire (induisant des niveaux de croissance différents). Aussi, les comparaisons en valeur absolue entre les différentes études sont difficiles. Attah et al. (2004), ont comparé la chèvre West African Dwarf à la Red Sokoto; dans une gamme de poids comparable, les longueurs étaient de 2 à 4 cm plus élevées tandis que les largeurs n'ont pas varié de façon conséquente. Les valeurs mesurées chez la chèvre Créole étaient dans la gamme supérieure des celles reportées dans la référence citée, quoique les méthodes de détermination n'aient pu être vérifiées. Les variations positives des données linéaires et pondérales de la carcasse se font de façon concomitantes et reflètent sans doute le gain en volume des différentes régions anatomiques et servent à décrire les différents profils et partant la conformation qui varie dans le même sens que les variables sus-nommées. Cependant, Fehr et al. (1976) et Prasad and Kirton (1992) mettent en garde sur la difficulté à ne discriminer la conformation des carcasses caprines que sur ces seuls traits. Les compacités de carcasse et de gigot du caprin Créole ne varient pas en fonction des facteurs étudiés, les valeurs sont approximativement de 0.30 et 0.42, respectivement, et semblent caractériser la race Créole (dans la gamme de poids/âge d'abattage testée expérimentalement). Les index pondéraux, du fait de leur mode de calcul varient significativement : 47 et 37 % de plus entre les deux extrêmes de classe de poids, respectivement. La race Créole est considérée de format insuffisant par les agents de la filière cependant, les index calculés sont similaires sinon supérieurs à ceux calculés pour des génotypes de plus grande taille (Figure 4). Par ailleurs, l'index pondéral du gigot (tableau 4) apparaît similaire au critère de muscularité utilisé chez les ovins (Laville et al., 2002): le calcul de la muscularité est basé sur la longueur du fémur et le poids des muscles y attenant. Nos valeurs (0.040-0.046) apparaissent très satisfaisantes quand elles sont comparées à celles d'autres études (Italian Jonica : 0.035-0.044, Marsico et al., 1993; Canary caprine: 0.022-0.053, Marichal et al., 2003), mais inférieures à celles des chèvres d'Oman (0.070-0.078, Kadim et al., 2003).

2.5. Caractéristiques physico-chimiques de la viande

Les paramètres de qualité de carcasse sont présentés dans le tableau 5. Le pouvoir de rétention de l'eau (PRE) diminue avec l'accroissement d'une part du poids d'abattage ($P < 0.01$), et d'autre part du taux de concentré dans la ration ($P < 0.05$). La classe de poids n'a aucun effet

significatif sur les autres paramètres. Le pH ultime est sous l'influence significative ($P < 0.05$) du type d'alimentation. En fait il y a une interaction significative entre poids d'abattage et alimentation qui montre qu'il n'est pas aisément de faire la part des facteurs. L'évolution post mortem du pH détermine grandement les aptitudes à la conservation et à la transformation de la viande et a également une influence sur les qualités organoleptiques, surtout la couleur (Monin, 1990; Hocquette et al., 2000). Le pouvoir de rétention d'eau (PRE) mesure l'aptitude de la viande à retenir l'eau qu'elle contient, lors de la conservation et au moment de la cuisson, voire à absorber de l'eau dans certaines transformations, il augmente avec le pH. L'alimentation à base d'herbe réduit les réserves en glycogène et ainsi le Ph. Les évolutions du PRE ne sont pas reportées dans d'autres travaux (Kannan et al., 2006; Madruga et al., 2008). Cette différence de résultats pourrait s'expliquer par le fait que ces auteurs n'avaient pas de caprins alimentés à l'herbe et aussi par des différences génétiques rapportées ailleurs (Dandha et al., 1999; Kadim et al., 2004). Les différences du PRE sont souvent liées aux différences du pHu et aux contenus en tissus adipeux. Dans notre étude comme observé par Webb et al., (2005), une diminution du pH et une plus grande adiposité s'accompagnent d'un plus faible PRE. Les valeurs de pH du caprin Créole sont élevées mais semblent être une caractéristique du caprin (Webb et al., 2005; Simela and Merkel, 2008). Les valeurs du PRE sont moindres que celles rapportées généralement (Webb et al., 2005 ; Kannan et al., 2006). Du fait de son lien avec les capacités de conservation, de cuisson et surtout la sensation de jutosité, il conviendra dans les travaux futurs d'étudier plus en avant ce paramètre ainsi que les caractéristiques sensorielles de la viande de cabri Créole.

Les résultats des mesures de chrominance sont rapportés dans le tableau 4. Les valeurs du paramètre L diminuent ($P < 0.054$) tandis que celle du paramètre "a" (le rouge), de même que le score de couleur (Tableau 1), augmentent ($P < 0.063$ et $P < 0.05$, respectivement). L'alimentation herbacée augmente la durée d'engraissement des animaux abattus à poids constant. Les effets dus à l'allongement de l'âge d'abattage sont bien connus (Priollo et al., 2001; INTERBEV, 2006). Dhanda et al. (2003) qui comparent plusieurs génotypes caprins, observent les mêmes tendances et rapportent des valeurs des paramètres L (41) et de "a" (13) assez similaires à celles des boucs Créoles alimentés et abattus dans les mêmes conditions (43 et 15, respectivement). L'absence d'effets significatifs de l'alimentation a déjà été rapportée sur les caprins Noirs de Jordanie (Abdullah and Musallam 2007). En revanche le paramètre «b» (le jaune) qui varie significativement ($P < 0.05$) est davantage lié à une alimentation herbacée riche en lutéine comme montré sur agneaux élevés à l'herbe (Priollo et al., 2001).

3. Intérêts comparatifs

3.1. Comparaison aux autres races

L'augmentation du GMQ et l'alourdissement des carcasses peuvent être obtenus par la voie génétique (Shresta and Fahmy, 2007), la question de comparaison des races sur les critères du potentiel boucher est donc posée. Il existe de par le monde un très grand nombre de races de caprins qui diffèrent par le format, la finalité et les modes de production (Devendra and McLeroy, 1982; Peacock, 1996), mais peu de comparaisons objectives existent (Dhanda et al., 1999 ; Shresta and Fahmy, 2007) Les effets des races sont souvent confondus avec la gamme de conduites d'élevage et niveaux alimentaires selon lesquels elles sont élevées. Les génotypes Européens laitiers ou la race Boer sélectionnée pour la production de viande présentent les niveaux de croissance individuelle les plus élevés mais ce sont des races de grand format. Les caprins Boer se sont répandus dans de nombreux pays tropicaux et tempérés sur la base d'un fort potentiel en viande et un bon rendement en muscle. Cependant, les observations sur ces critères sont loin d'être concluantes d'après la revue de Warmington and Kirton (1990). Récemment encore, Almeida et al. (2006) ont démontré comment sous les conditions extensives, qui sont les conditions les plus fréquentes rencontrées sous les Tropiques, ces animaux ont des performances de production et de conformation de carcasses très réduites.

Dans l'espèce caprine, les dépôts des masses musculaires, adipeuses et osseuses et leurs régulations ont été peu étudiées dans la perspective d'amélioration de la fourniture de viande au marché. Deux raisons principales peuvent être avancées i) la production de viande est souvent un sous produit des filières lait ou fibres et ii) il y a peu de races à viande spécialisées dans les pays à potentiel de recherche important. Peu d'études portent sur la distribution des muscles de haute valeur bouchère à part ceux de l'équipe de Mahgoub. Ils ont trouvé dans des recherches comparant des races de chèvres d'Oman de format différent, (Mahgoub and Lu, 1998), que les Dhofari, les plus petites, présentaient une plus forte proportion de muscles et une plus faible proportion d'os dans la carcasse que la race Batina, plus grande. C'est ainsi qu'ils en concluent que la race de petit format est plus adéquate et recommandée pour la production de viande caprine sous les conditions d'Oman. Aussi, fort de ces conclusions et sur la base des résultats de rendement de carcasse, de rendement de viande, de proportions de morceaux, des index de carcasse et de rapport muscle/os il se pourrait que la race Créole critiquée pour sa petite taille soit une race au bon potentiel viande. En effet, quoique non

sélectionnée pour la viande, dès que les conditions d’alourdissement de carcasse sont réunies (telles que dans cette présente étude) elle soutient très bien la comparaison avec les races réputées pour leur fort potentiel viandeux. Ce pourrait être une conclusion encourageante pour une politique de développement de l’élevage caprin basée sur la valorisation génétique et technique de ce génotype.

3.2. Recommandations

Un poids de carcasse dépend des critères des agents de la filière, de la politique de prix entre bouchers et consommateurs mais aussi des conséquences économiques des conduites d’élevage pour le producteur. Considérons un chevreaux Créole mâle sevré à 80 jours à 9 kg de PV issu d’un système allaitant performant (Mahieu et al., 2008); un poids de carcasse de 8 kg et une conformation moyenne de 3 (sur 5) peut être atteint en 260 jours (lot P21C0) si l’élevage se fait à l’herbe et en 120 jours (lot P18C50) si la ration est complémentée de 50 % de concentrés. Une carcasse de 10 kg, avec une conformation entre 3.5 et 4 pourrait être obtenue au bout de 330 (lot P24C0) ou 170 jours (lot P21C50), respectivement. Il conviendrait de réaliser les calculs technico-économiques, liés à l’élevage en bâtiments, la production et fauche l’herbe, l’achat et distribution d’aliments concentrés et l’accès à un marché rétribué sur la base de critères de conformation et engrangement.

Le GMQ (49 g/d) observé pour le groupe alimenté à l’herbe était supérieur à celui rapporté par Alexandre et al. (1997) pour des chevreaux élevés au pâturage. Ceci pourrait s’expliquer par l’effet du parasitisme associé à ce mode d’élevage (Mandonnet et al., 2001 ; Mahieu et al., 2008) comparativement aux animaux placés en stabulation. Il conviendra d’en tenir compte quant aux conseils à prodiguer aux éleveurs pratiquant les systèmes pâturels. L’apport d’aliments complémentaires a été bénéfique pour une accélération de la croissance (une réduction de la durée d’élevage) une amélioration des caractéristiques de carcasse poids, rendement, conformation, composition bouchère et muscularité. En revanche les notes de gras et les masses adipeuses augmentent avec le poids et une alimentation énergétique, cela pourrait apparaître comme une limite à l’intensification du système d’engraissement. Cependant, les variations restent dans des limites très acceptables. De plus, il semble bien que cette accumulation se produise essentiellement au niveau abdominal comme l’ont rapporté Kempster (1981) et Warmington and Kirton (1990) quand ils décrivaient la partition des tissus adipeux chez l’espèce caprine, ce qui aurait peu d’incidence sur la valeur commerciale des carcasses. Nous devons cependant préserver cette capacité apparente du caprin Créole à

produire une carcasse à faible adiposité. Il est à noter cependant que l'apport d'aliments concentrés était moindre (50 % dans la ration) que dans d'autres travaux (75 à 90 % dans la ration (Oman et al., 1999 ; Dhanda et al., 2003a ; Ryan et al., 2007) avant de conclure sur une spécificité du génotype créole bien qu'il ait été reporté dans la littérature chez d'autres génotypes rustiques cette capacité à fournir une carcasse de très faible adiposité : race locale d'Afrique du Sud (Tshabalala et al., 2003) ou chèvre Feral d'Australie (Werdi Pratiwi et al., 2007).

Conclusions

Le potentiel boucher du caprin Créole apparaît indéniable et est révélé dès lors que les conditions d'alimentation sont améliorées ou que les poids d'abattage sont suffisants, il y a donc une marge de progrès possible pour augmenter la production de viande caprine aux Antilles françaises. Cependant, certains projets (Boué et al., 2008) tentent de développer la filière viande sur la base de génotypes à viande tels que le Boer. D'autres investigations technico-économiques seraient nécessaires pour évaluer l'intérêt respectif de ces deux orientations, en précisant notamment les coûts additionnels liés à la mise en place d'un troupeau pur d'animaux exotiques (ou les coûts directs et indirects de l'importation de reproducteurs ou de semences), à la conduite de troupeau naisseur Boer dans le contexte alimentaire et pathologique local, et en prenant en compte l'efficacité biologique (capacité à transformer l'herbe en viande) aussi bien que les qualités de carcasse (dont la conformation et l'adiposité). Dans les deux cas, filière à base créole et/ou exotique (croisée ou pur Boer) les qualités sensorielles et diététiques de la viande devront être déterminées pour répondre aux attentes des consommateurs.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier C. Anais, R. Arquet, B. Bocage, A. Nepos et W. Troupé pour leurs contributions techniques. Les travaux ont été réalisés grâce au financement de la “Région Guadeloupe”, du FEOGA et de l'ODEADOM.

Références bibliographiques

Abdullah A.Y., Musallam H.S. 2007. Effect of different levels of energy on carcass composition and meat quality of male black goat kids. *Liv. Sci.* 107,70-80.

- Alexandre, G., Asselin de Beauville, S., Shitalou, E., Zebus, M. F., 2008. An overview of the goat meat sector in Guadeloupe: conditions of production, consumer preferences, cultural functions and economic implications. *Liv. Res. Rural Dev.*, 20, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1/alex20014.htm>.
- Alexandre, G., Aumont G., Fleury J., Coppry O., Mulciba P., Nepos A., 1997. Production semi intensive de vainde caprine en zone tropicale humide: chèvre Créole élevée sur du pangola (*Digitaria decumbens*) en Guadeloupe. INRA Prod. Anim., 10, 43-54.
- Alexandre G., Aumont, G., Mainaud, J.C., Fleury, J., Naves, M., 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole goats during the suckling period. *Small Rum. Res.*, 34, 157-162.
- Almeida, A.M., Schwalbach, L.M. , De Waal, H.O., Greyling, J.P.C., Cardoso, L.A., 2006. The effect of supplementation on productive performance of Boer goat bucks fed winter veld hay. *Trop. Anim. Health Prod.*, 38, 443-449.
- Amin, M.R., Husain, S.S., Islam ,A.B.M.M., 2000. Evaluation of Black Bengal goats and their cross with the Jamunapari breed for carcass characteristics. *Small Rum. Res.*, 38, 211-215.
- Anandan, S., Musalia, L. M., Sastry, V.R.B., Agrawal D.K., 2003. Carcass characteristics of goats fed ammoniated neem (*Azadirachta indica*) seed kermel cake. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 16, 1451-1454.
- Anous, M.R. and Mourad, M., 2001. Some carcass characteristics of Alpine kids under intensive versus semi-intensive systems of production in France. *Small Rum. Res.*, 40, 193-196.
- Archimède, H., Boval, M., Alexandre, G., Xande, A., Aumont, A., Poncet, C., 2000. Effect of regrowth age on intake and digestion of *Digitaria decumbens* consumed by Black-belly sheep. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 7, 153-162.
- Attah, S., Okubanjo, A.O., Omojola, A. B., Adesehinwa, A.O.K., 2004. Body and carcass linear measurements of goats slaughtered at different weights. *Liv. Res. Rural Dev.*, 16, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd16/8/atta16062.htm>.
- Atti, N., Rouissi H., Mahouachi, M. 2004. The effect of dietary crude protein level on growth, carcass and meat composition of male kids in Tunisia. *Small Rum. Res.*, 54, 89-97.

- De Boer, H., Dumont, B.L., Pomeroy, R.W., Weniger, J.H., 1974. Manual on E.A.A.P. Reference. Methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Liv. Prod. Sci.*, 1, 151-164.
- Boue, P., Sigwald, JP., Jousset, M., 2008. Mission DOM, ODEADOM-CAPGENES, pp.50
- Cameron, M.R., Luo, J., Sahl, T., Hart, S.P., Coleman, S.W., Goetsch, A.L., 2001. Growth and slaughter traits of Boer x Spanish, Boer x Angora, and Spanish goats consuming a concentrate-based diet. *J. Anim Sci.*, 79, 1423-1430.
- Colomer-Rocher, F., Kirton, A.H., Mercer, G.J.K., Duganzich, D.M., 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights. *Small Rum. Res.*, 7, 161-173.
- Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P., Kirton, A.H., 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livest. Prod. Sci.*, 17: 149-159.
- Devendra, C. and Mc Leroy, G.B., 1982. Goat and sheep production in the Tropics. (Intermediate Tropical Agricultural Series. Longman, London and New York)
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., McCosker, J.E., Murray, P.J. 1999a. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. *Meat Sci.*, 52, 355-361.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., McCosker, J.E., Murray, P.J. 1999b. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 3. Dissected carcass composition. *Meat Sci.*, 52, 369-374.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., 2003a. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rum. Res.*, 50, 57-66.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., 2003b. Part 2. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rum. Res.*, 50, 67-74.
- Fernandes, M.H.M., Resende, K.T., Tedeschi, L.O., Fernandes J.S., Silva Jr., H.M. , Carstens G.E., Berchielli, T.T., Teixeira, I.A.M.A., Akinaga, L., 2007. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. *J. Anim. Sci.*, 85, 1014-1023.

Fehr, P.M., Sauvant, D., Dumont, B.L., 1976. Croissance et qualité des carcasses des chevreaux de boucherie. 2èmes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Croissance, engrangissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux, INRA-ITOVIC, 166-189.

Gallo, C., Le Breton, Y, Wainwright, I., Berkoff, M., 1996. Body and carcass composition of male and female Criollo goats in the South of Chile. Small Rum. Res., 23, 163-169.

Gonçalves, H.C., Menezes, J.J.L., Wechsler, F.S., 2006. The effect of racial group and slaughter age on kid performance and carcass. 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil.

Hailu Dadi, Tatek Woldu, Tesfaye Lema, 2005. Comparison of carcass characteristics of Borana and Arsi-Bale goats under different durations of feedlot management. Liv. Res. Rural Dev., 17, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/12/dadi17137.htm>.

Hammond, J., 1932. Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep. Oliver and Boyd, Edinburgh, UK.

Hango, A., Mtenga, L.A., Kifaro, G.C., Safari, J., Mushi, D.E., Muhikambele, V.R.M., 2007. A study on growth performance and carcass characteristics of Small East African goats under different feeding regimes. Liv. Res. Rural Dev., 19.

Hopkins, D.L., Fogarty, N.M., Menzies, D.J. 1997. Differences in composition, muscularity, muscle:bone ratio and cut dimensions between six lamb genotypes. Meat Sci., 45, 439-450.

INTERBEV, 2006. Le Point Sur ...La couleur de la viande bovine Doc Institut de l'Elevage. pp.113.

Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Ajmi, D.S., Al-Maqbaly, R.S., Al-Saqri, N.M., Ritchie, A. 2003. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds Meat Sci., 66, 203–210.

Kempster, A.J., 1981. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. Meat Sci., 5, 83-98.

Kouakou, B., Goetsch, A.L, Patil, A.R., Galloway, D.L., Park, K.K., 1997. Visceral organ mass in wethers diets with different forages and grain levels. Livest. Prod. Sci., 47, 125-137.

- Laville, E., Bouix, J., Sayd, T., Eychenne, F., 2002. La conformation bouchère des agneaux. Etude d'après la variabilité génétique entre races. INRA Prod. Anim., 15, 53-56.
- Mahgoub, O. and Lodge, G.A., 1996. Growth and body composition in meat production of Omani Batina goats, Small Rum. Res., 19, 233-246.
- Mahgoub, O. and Lu, O.D., 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes, Small Rum. Res., 27, 267-278.
- Mahgoub, O., Lu, O.D, Hameed, M.S., Richie, A., Al-Halhali, A.S., Annamalai, K., 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolise energy densities, Small Rum. Res., 58, 175-180.
- Mahieu, M., Archimède, H., Fleury, J., Mandonnet, N., Alexandre, G., 2008. Intensive grazing system for small ruminants in the Tropics: the French West Indies experience and perspectives, Small Rumin. Res., 77, 195–207.
- Mandonnet, N., Aumont, G., Fleury, J., Arquet, R., Varo, H., Gruner, L., Bouix, J., Vu Tien Khang, J., 2001. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics. J. Anim. Sci., 79, 1706-1712.
- Manfredini, M., Massari, M., Cavani, C. Falaschini, A.F., 1988. Carcass characteristics of male Alpine kids slaughtered at different weights. Small Rum. Res., 1, 49-58.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, M.J., Arguello, A., 2003. Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. Liv. Prod. Sci., 83, 247–256.
- Marsico, G., Vicenti, A., Centoducati, P., Braghieri A., 1993. Influence of weaning age on productive performance of kids slaughtered at 107 days of age. Small Rum. Res., 12, 321-328.
- Mesfin, T., 2007. The influence of age and feeding regimen on the carcass traits of Arsi-Bale goats. Liv. Res. Rural Dev. 19, <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/4/tade19047.htm>.
- Monin, G., 1990. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA Prod. Anim., 4, 151-160.
- Moniruzzaman, M., Hashem, M.A., Akhter, S. Hossain, M.M., 2002. Effect of different feeding systems on carcass and non-caracss parameters of Black Bengal goat. Asian-Australasian. J. Ani. Sci., 15, 61-65.

- Monte, A.L., De Selaive-Villarroel, A.B., Perez, J.R.O., Zapata, J.F.F., Beserra, F.J., De Oliveira, A.N., 2007. Commercial cut and tissue yields in carcasses from crossbred kid goats. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 2127-2133.
- Mourad, M., Gbanamou G., Balde, I. B., 2001. Carcass characteristics of West African dwarf goats under extensive system. *Small Rum. Res.*, 42, 81-85
- Naves, M., Alexandre, G., Leimbacher, F., Mandonnet, N., Menendez Buxadera, A., 2001. Le point sur les programmes de gestion des ressources génétiques chez les espèces de ruminants dans la Caraïbe. *INRA Prod. Anim.*, 14, 182-192.
- OFIVAL, 2005. Classifications des ovins. Guide technique et réglementaire. Pesée Classement Marquage. [on-line] [09/01/05]. URL : <http://www.ofival.fr/guide-pcm-ext/page-web/p-31a34.htm>.
- Oman, J. S., Waldron, D. F., Griffin, D. B., Savell, J.W., 1999. Effect of breed-type and feeding regimen on goat carcass traits. *J. Ani. Sci.*, 77, 3215-3218.
- Peacock, C. 1996. Improving goat production in the Tropics. A manual for development workers. (Oxfam/FARM-Africa Publication)
- Pena, F., Perea, J., Garcia, A., Acero, R., 2007. Effects of weight at slaughter and sex on the carcass characteristics of Florida suckling kids, *Meat Sci.*, 75, 543–550
- Phengvichith, V. and Ledin, I., 2007. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats. *Trop. Anim. Health Prod.*, 39, 59-70.
- Prasad, V.S.S., Kirton, A.H., 1992. Evaluation and classification of live goats and their carcasses and cuts. In: IGA (ed), Proceedings of the 5th International Conference on Goats, New Delhi, India, 1992, (International Academic Publishers), 440-449.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.*, 50, 185-200.
- Priolo, A., Prache, S., Dubroeucq, H., Micol, D., Agabriel, J., 2001. Caractéristiques des carcasses et de la viande d'agneaux produits à l'herbe ou en bergerie : garantie de provenance. *Renc. Rech. Ruminants*, 8, 79-82.
- Purchas, R. W., Davies, A. S., Abdullah, A.Y., 1991. An objective measure of muscularity: changes with animal growth and differences between genetic lines of Southdown sheep, *Meat Sci.*, 30, 81-94.

- Ruvuna, F., Taylor, J.F., Okeyo, M., Wanyoike, M., Ahuya, C. 1992. Effects of breed and castration on slaughter weight and carcass composition of goats. *Small Rum. Res.*, 7, 175-183.
- Ryan, S.M., J.A. Unruh, M.E. Corrigan, J.S. Drouillard, Seyfert, M., 2007. Effects of concentrate level on carcass traits of Boer crossbred goats. *Small Rum. Res.*, 73, 67-76.
- Sanon, H.O., Kaboré-Zoungrana, C., Ledin, I., 2008. Growth and carcass characteristics of male Sahelian goats fed leaves or pods of *Pterocarpus lucens* or *Acacia senegal*. *Livest. Sci.* 117, 192-202.
- Sen, A.R., Santra, A., Karim, S.A., 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Sci.*, 66, 757–763.
- Shahjalal, M., Bishwas, M.A.A., Tareque, A.M.M., Dohi H., 2000. Growth and carcass characteristics of goats given diets varying in protein concentration and feeding level. *Asian-Australasian J. Ani. Sci.*, 13, 613-618.
- Sheridan, R., Ferreira, A.V., Hoffman, L.C., 2003. Production efficiency of South African Mutton Merino lambs and Boer goat kids receiving either a low or a high energy feedlot diet. *Small Rumin. Res.*, 50, 75-82.
- Simela, L., Webb, E.C., Frylinck, L., 2004. Post-mortem metabolic status, pH and temperature of chevon from indigenous South African goats slaughtered under commercial conditions. *South African J. Ani. Sci.*, 34, 204-207.
- Shrestha J.N.B. and Fahmy M.H., 2007. Breeding goats for meat production. 3. Selection and breeding strategies. *Small Rum. Res.*, 67, 113-125.
- Treacher, T.T., Mowlen, A., Wilde, R.M., Butler-Hogg, B., 1987. Growth, efficiency of conversion and carcass composition of castrate male Saanen and Saanen*Angora kids on a concentrate diet. *Annales Zootech.*, 341-342.
- Tshabalala , P.A., Strydom, P.E., Webb, E.C., de Kock, H.L., 2003. Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds. *Meat Sci.*, 65, 563–570.
- Van Niekerk, W.A. and Casey, N.H., 1988. The Boer goat. II. Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality. *Small Rum. Res.*, 1, 355-368.
- Warmington, B.G. and Kirton, A.H., 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. *Small Rum. Res.*, 3, 147-165.
- Webb, E.C., Casey, N., Simela, L., 2005. Goat meat quality. *Small. Rum. Res.*, 60, 153-166.

Werdi Pratiwi, N.M., Murray, P.J., Taylor, D.G., 2007. Feral goats in Australia: A study on the quality and nutritive value of their meat. Meat Sci., 75, 168–177.

Figures

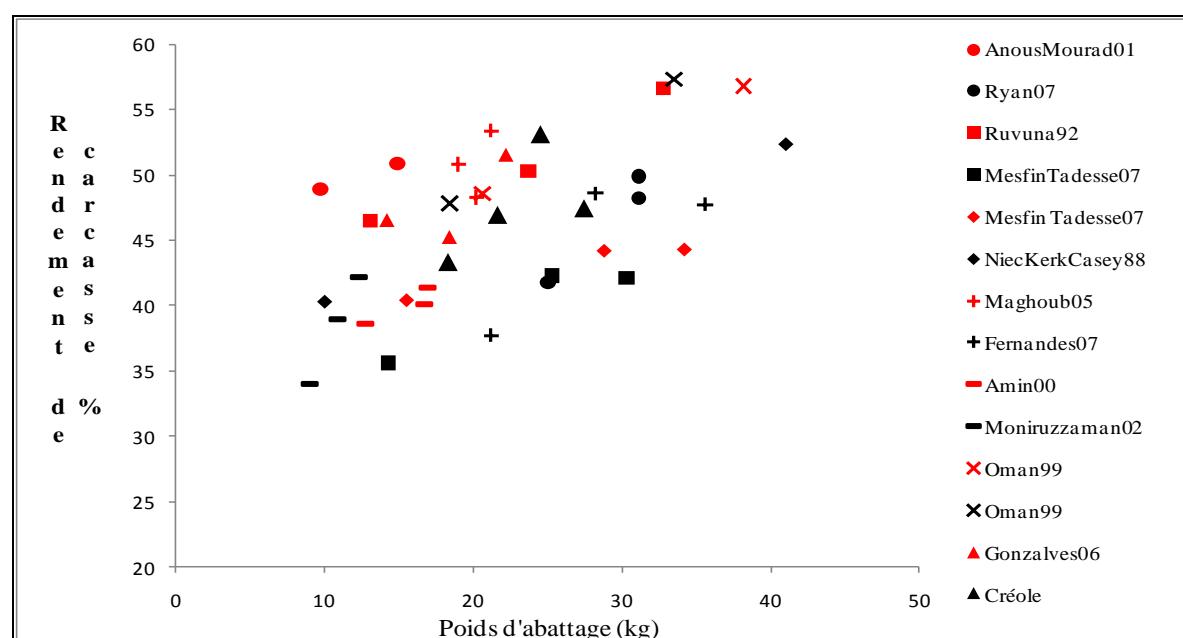


Figure 1. Variation du rendement de carcasse des caprins (commercial, %) en fonction du poids d'abattage: données de la littérature et nos données

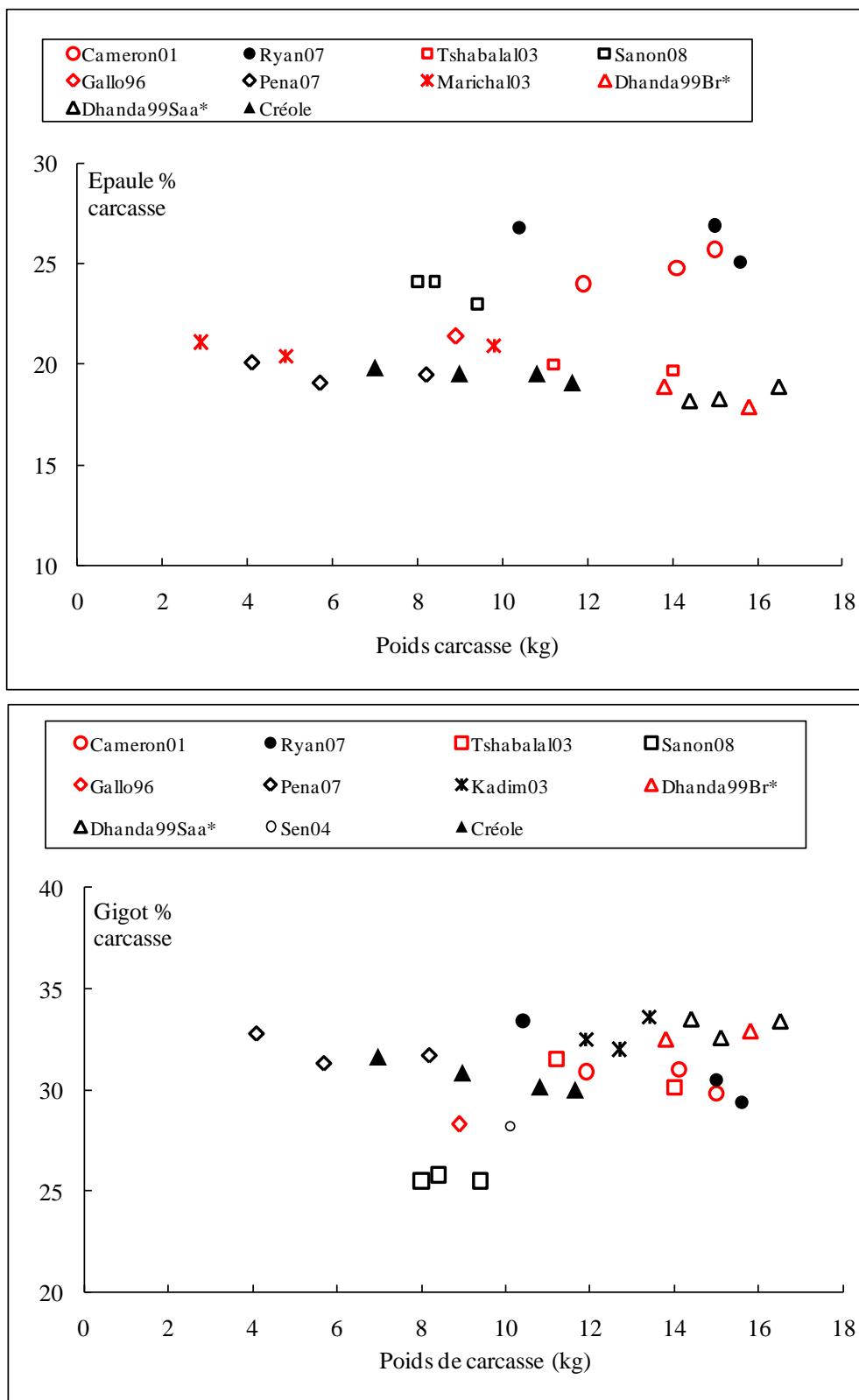


Figure 2. Variation de la proportion (%) d'épaule et de gigot des carcasses de caprins en fonction du poids de carcasse: données de la littérature et nos données.

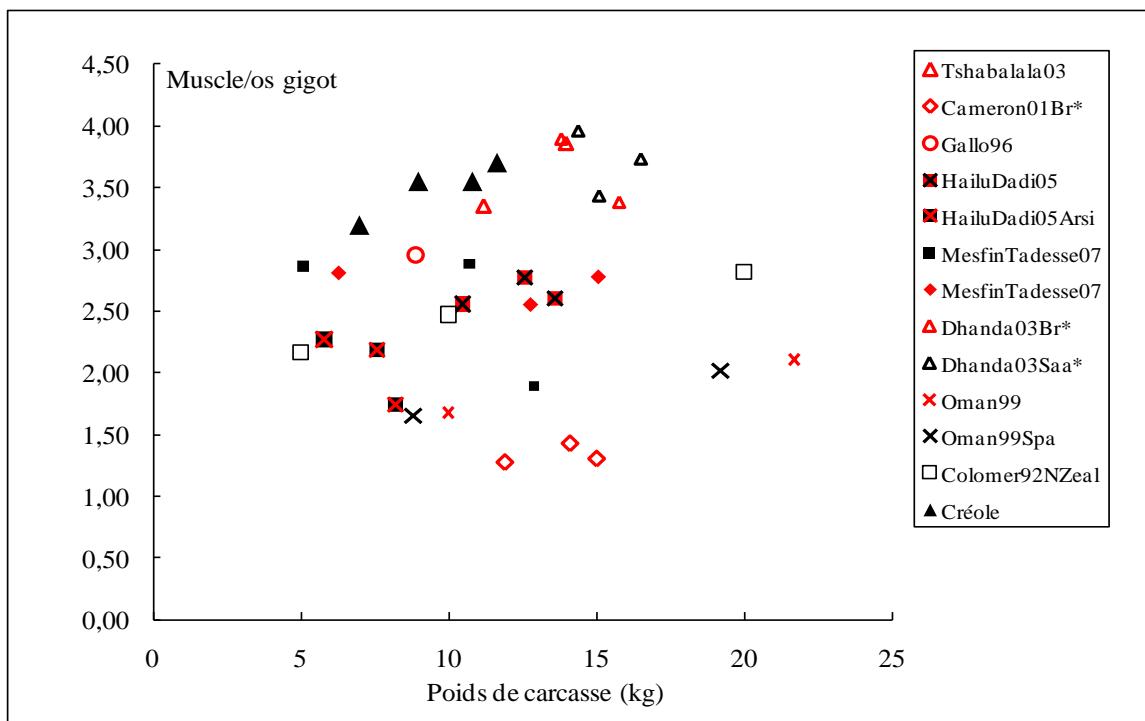


Figure 3. Variation du rapport muscle/os du gigot des carcasses de caprins en fonction du poids de carcasse: données de la littérature et nos données.

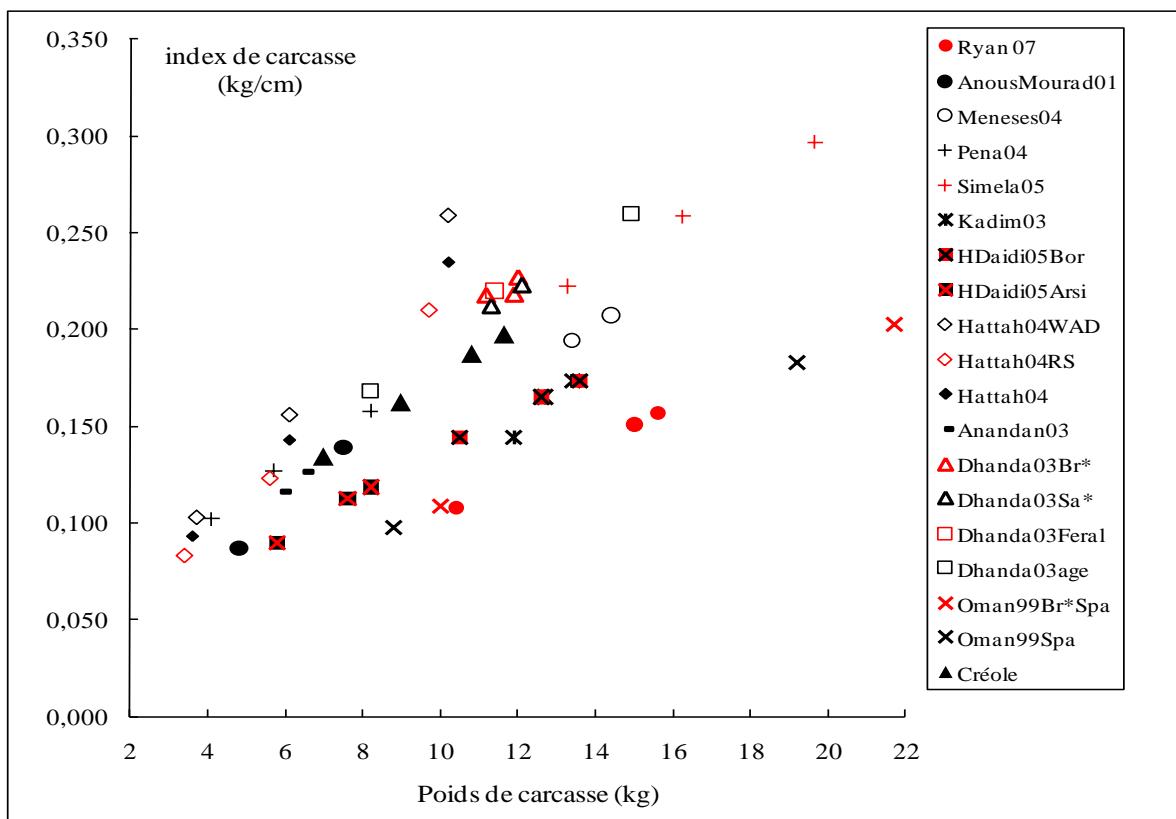


Figure 4. Variation de l'index pondéral (poids carcasse froide/ longueur carcasse) de carcasse de caprins en fonction du poids d'abattage: données de la littérature et nos données.

Tableau 1. Performances de croissance, poids, rendement et notations des carcasses de caprins Créoles selon le poids d'abattage (Pd) et le type d'alimentation (Alim).

Classe de poids	P18		P21		P24		P27	
Alimentation	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50
Poids de naissance (kg)	1.9 ± 0.3	1.8 ± 0.2	1.8 ± 0.3	1.8 ± 0.4	1.9 ± 0.4	1.7 ± 0.4	2.0 ± 0.2	1.9 ± 0.4
Poids de sevrage (kg)	9.5 ± 1.5	9.1 ± 0.9	9.4 ± 1.1	9.2 ± 1.1	9.1 ± 1.3	8.8 ± 1.5	9.1 ± 1.7	8.9 ± 1.2
Age au sevrage (j)	85 ± 7	89 ± 4	86 ± 7	86 ± 8	88 ± 5	85 ± 7	86 ± 4	84 ± 6
GMQ (g/j)	89 ± 12	82 ± 13	88 ± 14	86 ± 13	82 ± 12	83 ± 13	83 ± 14	84 ± 13
Poids d'abattage (kg)	18.3 ± 1.5	18.2 ± 1.4	21.5 ± 0.9	21.7 ± 0.9	24.2 ± 0.8	24.8 ± 0.8	27.2 ± 1.7	27.7 ± 1.2
Classe de poids	P18		P21		P24		P27	
Alimentation	C0	C50	C0	C50	C0	C50	Pd	Alim Pd*Alim
Age d'abattage (j)	271	199	339	249	411	305	436	292 54.9 ** ** NS
GMQ	48	83	53	77	48	77	50	94 9.8 NS ** NS
engraissement (g)								
PVV (kg)	11.8	14.5	14.99	17.6	17.4	20.7	19.0	22.5 1.59 ** ** NS
Carcasse froide (kg)	6.06	7.91	7.96	10.0	9.64	11.98	10.52	12.77 0.94 ** ** NS
Rendement commercial (%)	38.9	47.8	42.6	51.3	44.9	53.1	43.7	51.2 4.68 * ** NS
Rendement vrai (%)	51.1	54.6	53.0	57.1	55.4	57.8	55.2	56.6 2.04 NS * *
Conformation	2.5	3.1	2.9	4.0	3.7	4.1	3.8	4.3 0.65 * * NS
Gras externe	1.8	3.1	1.9	2.3	1.9	2.8	2.2	3.5 0.30 NS * *
Gras interne	1.8	2.8	2.5	3.1	2.9	3.1	2.4	2.9 0.36 NS ** NS
Couleur	1.9	1.7	2.5	2.3	2.7	2.6	2.8	2.7 * * NS

Signification : *, P<0.05 ; **, P<0.01 ; NS, non significatif.

Tableau 2. Proportions d'organes et de morceaux des carcasses de caprins Créoles selon le poids d'abattage (Pd) et le type d'alimentation (Alim).

Classes de poids	P18		P21		P24		P27		ETR	Signification		
Alimentation	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50		Pd	Alim	Pd*Alim
Tête (%)	10.5	9.3	10.2	9.6	10.2	9.0	10.0	8.9	0.30	NS	NS	NS
Pattes (%)	3.6	3.6	3.4	3.4	3.1	3.2	3.1	3.2	0.18	*	NS	NS
Peau (%)	7.7	8.0	8.0	8.8	8.3	9.0	8.3	9.5	0.47	*	*	NS
Abats rouges (%)	5.1	5.3	4.8	4.5	4.4	4.2	4.3	4.8	0.72	*	NS	NS
Abats blancs (%)	14.5	12.8	12.8	10.5	11.6	10.2	11.9	11.2	2.36	*	**	NS
Gras abdominal (%)	2.9	3.4	3.2	3.6	3.0	4.2	3.0	4.0	0.69	NS	**	NS
Epaule (%)	19.5	20.2	19.2	19.9	19.5	19.6	19.1	19.1	0.70	NS	NS	NS
Cou (%)	11.2	11.3	12.2	12.9	13.5	13.0	13.6	12.8	1.62	*	NS	NS
Poitrine (%)	15.7	14.6	14.8	14.5	14.3	14.1	14.7	15.2	1.08	NS	NS	NS
Côtes (%)	21.9	22.6	22.6	22.1	22.5	23.3	22.9	22.7	1.30	NS	NS	NS
Gigot (%)	31.8	31.5	31.2	30.5	30.2	30.1	29.8	30.2	1.80	*	NS	NS

Signification : *, P<0.05 ; **, P<0.01 ; NS, non significatif.

Tableau 3. Répartition des tissus dans l'épaule et le gigot des carcasses de caprins Créoles selon le poids d'abattage (Pd) et le type d'alimentation (Alim).

Classe de poids	P18		P21		P24		P27		ETR		Signification	
Alimentation	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50		Pd	Alim	Pd*Alim
Epaule												
Muscle (%)	70.1	71.6	71.3	73.3	73.8	71.9	72.9	73.6	9.62	*	NS	NS
Os (%)	24.2	20.7	22.6	20.4	21.1	21.0	21.4	19.4	2.98	*	*	NS
Gras intermusc. (%)	5.7	7.7	6.1	6.3	5.1	7.1	5.8	6.9	2.05	NS	**	*
Rapport muscle/os	2.9	3.5	3.2	3.6	3.5	3.4	3.4	3.8	0.46	*	*	NS
Gigot												
Muscle (%)	72.6	75.0	74.4	75.3	75.0	76.2	74.6	77.0	8.18	*	NS	NS
Os (%)	24.2	21.8	22.1	20.6	21.9	20.5	21.3	19.9	2.67	*	NS	NS
Gras intermusc.(%)	3.2	3.2	3.4	4.2	3.2	3.3	4.6	4.1	0.96	NS	*	NS
Rapport muscle/os	3.0	3.4	3.4	3.7	3.4	3.7	3.5	3.9	0.38	*	*	NS

Signification : *, P<0.05 ; **, P<0.01 ; NS, non significatif.

Tableau 4. Mensurations linéaires et index des carcasses de caprins Créoles selon le poids d'abattage (Pd) et le type d'alimentation (Alim).

Classe de poids	P18				P21				P24				P27				ETR	Signification		
Alimentation	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50	Pd	Alim	Pd*Alim	
Largeur du bassin: G (cm)	12.6	13.2	13.8	14.2	14.7	14.9	14.7	14.9	0.63	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Longueur queue-cou :K (cm)	43.3	44.5	45.2	46.2	47.6	47.7	49.0	48.6	1.91	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Profondeur au thorax:Th (cm)	22.8	22.9	23.7	24.2	24.5	25.5	25.3	25.6	1.17	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Longueur du gigot: F (cm)	29.3	32.1	32.4	34.0	33.7	35.4	34.7	36.2	1.87	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Longueur de carcasse: L (cm)	50.3	53.1	55.3	55.5	57.4	57.8	58.7	59.3	2.07	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Compacité carcasse :G/K	0.29	0.30	0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.31	0.013	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Compacité gigot :G/F	0.43	0.41	0.43	0.42	0.44	0.42	0.42	0.41	0.021	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Index ¹ carcasse (kg/cm)	120	149	144	181	168	207	179	216	11.08	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
Index ¹ gigot (kg/cm)	33	38	39	44	43	50	45	52	2.97	**	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		

Signification : *, P<0.05 ; **, P<0.01 ; NS, non significatif.

¹Index pondéraux calculés comme un rapport poids sur longueur, de la carcasse ou du gigot, respectivement.

Tableau 5. Mesures physico-chimiques sur le muscle *longissimus dorsi* des carcasses de caprins Créoles selon le poids d'abattage (Pd) et le type d'alimentation (Alim).

Classe de poids	P18		P21		P24		P27		ETR	Signification	
Alimentation	C0	C50	C0	C50	C0	C50	C0	C50	Pd	Alim	Pd*Alim
pHu	6.4	6.0	6.3	6.0	6.5	5.9	6.5	6.3	0.52	NS	*
PRE	29.2	18.8	17.4	17.7	14.1	16.7	13.9	12.8	4.86	**	*
L	46.7	42.1	43.6	42.3	42.2	41.6	39.6	43.1	6.85	NS	NS
a	17.8	14.3	17.6	16.7	16.3	16.3	17.2	18.1	2.00	NS	NS
b	6.8	3.4	6.1	5.7	4.9	4.9	5.2	6.4	0.93	*	*

Définis dans le texte : pHu = pH ultime ; PRE = pouvoir de rétention de l'eau ; L, a, b paramètres de couleur (chromophotomètre Minolta CR-300 utilisant les échelles CIE 1986)
Signification : *, P<0.05 ; **, P<0.01 ; NS, non significatif.

*ETUDE
EXPERIMENTALE 2*

5. ETUDE EXPERIMENTALE 2

5.1 INTRODUCTION A L'ETUDE EXPERIMENTALE 2

Influence de différents systèmes d'alimentation sur les caractéristiques et la composition de la carcasse et de la qualité de la viande de caprins Créoles de Guadeloupe : effet de la densité énergétique de la ration

Dans le cadre d'une démarche de valorisation du cabri Créole et son mode d'élevage, il importe de garantir aux consommateurs la qualité du produit fini, la viande.

Les propriétés organoleptiques de la viande sont influencées par les propriétés physiques et chimiques du gras, particulièrement par son degré de saturation (Lee et al., 2006). Ainsi, les lipides saturés affectent la palatabilité de la viande, tandis que les insaturés sont facilement oxydés (Banskalieva et al., 2000).

De nombreuses études confirment que la composition en acides gras est influencée par des facteurs individuels tels que l'âge et le poids (Pratiwi et al., 2006) ou encore par le régime alimentaire (Rhee et al., 2000; Bas et al., 2005; Atti et al., 2006). Le système alimentaire le plus fréquent et traditionnel aux Antilles est le pâturage. Il est connu que les modes d'élevage à base d'herbe, engendrent des croissances et des conformations moindres mais seraient favorables à la sécrétion d'acides gras oméga-3 et de CLA très intéressants pour la santé humaine (Velesco et al., 2004; Aurousseau et al., 2007). De plus, dans la littérature, il y a peu de travaux sur les caprins de races indigènes qui sont peu étudiées pour leur viande.

Dans ce deuxième dispositif, l'aliment est devenu le sujet d'étude. Le protocole expérimental a répondu à deux objectifs : d'une part de mettre en évidence les effets d'un gradient énergétique de la ration sur la production de carcasse notamment sur l'efficacité de l'aliment sur la croissance, l'ingestion et les caractéristiques de la carcasse (publication 4) et d'autre part, sur la composition en acides gras (AG) de la viande et des tissus gras du chevreau Créole (publication 5). Comme dans l'expérimentation 1, les gradients ont été choisis de façon à représenter la diversité des stratégies d'alimentation.

Dans cette expérimentation, quarante boucs Créoles (mâles entiers) ont été élevés en stabulation et soumis à 4 niveaux d'alimentation: 0, 140, 240 et 340 g de l'aliment

commercial « INRA01 » utilisé précédemment. Les chevreaux ont été abattus ($n = 10$ par lot) à poids constant dès que la moyenne du lot avait atteint 20 à 22 kg de poids vif.

Le dispositif a été mené de Mai 2006 (mise en lot) à Mars 2007 (abattage des cabris des derniers lots).

Les mesures sur lesquelles repose l'écriture des articles ont démarré en Juin 2006 et ont été réalisées durant la phase d'élevage, à l'abattoir, et en laboratoire. Dans une deuxième phase, les teneurs en AG et leurs identifications dans les tissus gras et le muscle ont été réalisées. Cependant, par souci d'économie, les déterminations des AG se sont réalisées sur 8 animaux représentatifs par lot.

5.2. PUBLICATION N°5 : PERFORMANCES ANIMALES DURANT LA CROISSANCE ET CARACTERISTIQUES DES CARCASSES DES CAPRINS CREOLES ELEVES SOUS DIFFERENTS NIVEAUX D'ALIMENTATION

Revue : Journal of Animal Science

Année : 2009

Volume : DOI:10.2527/jas.2009-1834.

Titre : Growth performances, carcass quality and non-carcass components of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities

Auteurs : L. Liméa, M. Boval, N. Mandonnet, G. Garcia, H. Archimède, G. Alexandre

Conditions expérimentales :

L'essai a été mené sur 40 chevreaux Créoles mâles, allotés selon leur poids au sevrage et leur GMS pré-sevrage : âge au sevrage de 2.5 mois et poids de 9.0 ± 1.2 kg. Les animaux élevés en stabulation ont été répartis en 4 groupes, 10 par traitement :

G0, recevant l'alimentation de base (fourrage tropical à 28j de repousse) *ad libidum* sans apport d'aliment concentré commercial

G100, recevant 140g en plus d'aliment concentré par jour dans leur ration

G200, recevant 240g en plus d'aliment concentré par jour dans leur ration

G300, recevant 340g en plus d'aliment concentré par jour dans leur ration

Les animaux sont abattus à poids comparable entre lots (à poids constant, 22-24 kg de poids vif) soient entre 30 et 70 j depuis le sevrage en fonction de leur croissance.

JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

The Premier Journal and Leading Source of New Knowledge and Perspective in Animal Science

Growth performance, carcass quality, and noncarcass components of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities

L. Liméa, M. Boval, N. Mandonnet, G. Garcia, H. Archimède and G. Alexandre

J Anim Sci 2009.87:3770-3781.

doi: 10.2527/jas.2009-1834 originally published online Jul 17, 2009;

The online version of this article, along with updated information and services, is located on the World Wide Web at: <http://jas.fass.org/cgi/content/full/87/11/3770>



www.asas.org

Growth performance, carcass quality, and noncarcass components of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities¹

L. Liméa,* M. Boval,* N. Mandonnet,* G. Garcia,† H. Archimède,* and G. Alexandre*²

*INRA UR 143 Unité de Recherches Zootechniques, Institut National de la Recherche Agronomique, Centre Antilles-Guyane, Domaine Duclos, 97170 Petit Bourg, Guadeloupe; and †Open Tropical Forage–Animal Production Laboratory, Department of Food Production, Faculty of Science and Agriculture, The University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago, West Indies

ABSTRACT: Studies were conducted to determine the effects of feeding regimens on growth and carcass quality of the Creole goat, a genotype indigenous to the Caribbean. Forty kids weighing 9.0 ± 1.2 kg of BW were reared indoors after weaning. Four supplement amounts were compared (10 kids per treatment): the G0 group received the basal diet (tropical forage, 8.8 MJ of ME and 108 g of CP/kg of DM) without concentrate, whereas the G100, G200, and G300 groups were offered 130, 230, and 310 g/d of concentrate (13.6 MJ of ME and 209 g of CP/kg of DM), respectively, in addition to the basal diet. The kids were slaughtered according to the standard procedure at 22 to 24 kg of BW for assessment of carcass traits and meat quality. Total DMI increased significantly, from 51 to 78 g/kg of $BW^{0.75}$, for G0 to G300 kids, whereas their ADG doubled from 42 to 84 g/d ($P < 0.01$; $P < 0.01$, respectively). The G:F values reached 125 to 130 for the G200 and G300 diets and were satisfactory compared with literature values. The carcass weight and dressing percentage ($P < 0.01$) increased from group G0 to G300, from 9 to 13 kg and from 42 to 51%, respectively.

The proportions of the different cuts (related to the carcass weight) did not vary by diet. The conformation score increased significantly ($P < 0.05$) among the 4 groups from an average score of 3.2 to 4.0 (score/5). There was a significant effect ($P < 0.01$) of supplement amount on the accumulation of internal fat tissues: the kidney fat weight increased from 113 to 253 g from the G0 to the G300 group. Regardless of the feeding level and amount of internal fat, the carcasses had an acceptable fat cover score, which remained less than 2.6 (score/5). A significant effect was not observed for the ultimate pH and the main color variables of the meat. The cooking loss and the shoulder DM content varied ($P < 0.05$) with the supplement amount. By increasing the nutritional density of the diet, it was possible to obtain well-conformed and heavy carcasses, with no excessive fattening. Indigenous Creole goats have potential as meat animals when fed to gain more than 80 g/d. The optimal supplement supply with good-quality grass would be approximately 3.69 MJ of ME/d in our conditions. Further studies are required on meat sensory parameters and fatty acid profiles.

Key words: carcass, goat, growth, intake, supplementation, tropical forage

©2009 American Society of Animal Science. All rights reserved.

J. Anim. Sci. 2009. 87:3770–3781
doi:10.2527/jas.2009-1834

INTRODUCTION

Caribbean goat farming systems are mainly centered on the use of the Creole goat, a hardy genotype found

¹The valuable comments of editors and anonymous referees are acknowledged. The authors thank R. Arquet, B. Bocage, S. Calif, O. Coppry, and T. Silou (INRA URZ, Domaine Duclos, Guadeloupe) for their technical help, and G. Garcia (Faculty of Science and Agriculture, The University of the West Indies, St. Augustine Trinidad and Tobago, West Indies) for English corrections to the manuscript. This study was supported by the “Region Guadeloupe” and the “European Community” (Fonds Européens d’Orientation et de Garanties Agricole, Brussels, Belgium).

²Corresponding author: gisele.alexandre@antilles.inra.fr

Received January 26, 2009.

Accepted July 15, 2009.

throughout the region (Navès et al., 2001) that grazes pastures. The local demand for goat meat far exceeds local production (Alexandre et al., 2008), with a purchase price of approximately 25 US \$/kg of carcass. The Creole goat demonstrates increased weaner productivity (Alexandre et al., 1999) and genetic resistance to disease (Mandonnet et al., 2001). However, its medium size is considered a negative for meat production (Alexandre et al., 2008). Even so, little work has been done in this regard. Thus, during the last decade, importations of exotic heavy breeds that are not well adapted to the farming conditions in the Caribbean have resulted in an indiscriminate crossing with the native goat (Alexandre et al., 2009), with a possible loss of biodiversity. Tropical pastures are productive, but

Table 1. Weight and growth variables of Creole kids allotted to the different experimental groups¹ based on nutritional density

Item	G0	G100	G200	G300	SEM
Birth weight, kg	2.0	2.1	1.7	2.0	0.4
Weaning weight, kg	9.2	8.7	8.5	8.6	1.25
Age at weaning, d	84	79	81	82	8.5
ADG at weaning, g/d	85.7	83.5	84.0	81.2	13.50
Initial weight, kg	10.2	9.7	9.4	9.5	1.45
Slaughter weight, kg	22.5	23.6	22.6	23.3	1.80
Feeding trial duration, d	292 ^a	228 ^b	184 ^c	164 ^d	39.0
ADG feeding trial, g/d	42.1 ^a	61.0 ^b	71.7 ^c	84.1 ^d	10.53

^{a-d}Means within the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.01$).

¹The G0 group received the basal diet (tropical forage ad libitum) without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate/kid per day, and the G300 group received 340 g of concentrate/kid per day.

their increased content of structural elements is poorly digestible (Humphreys, 1991). They are classified as a medium-quality diet (Aumont et al., 1991) unless managed at the right stage of maturity (>1 mo; Archimède et al., 2000) and could be a limiting factor for finishing kids. When fed a high level of nutrition, the growth performance of hardy goats is poor, relative to meat genotypes (Dhanda et al., 1999; Cameron et al., 2001). However, their voluntary intake is similar to those of exotic breeds (Luo et al., 2004). Consequently, it was hypothesized that the nutritional density of the diet required to optimize the performance of tropical kids would be different from that for exotic animals. Sahlu et al. (2004) tabulated the energy requirements of different genotypes (including indigenous ones), and the BW ranged from 15 to 55 kg and ADG ranged from 50 to 250 g/d. These tabulated data could not be appropriated for the indigenous Caribbean goat, given that it is weaned at 8 to 9 kg and is slaughtered at 18 to 20 kg of BW, with an average 35 g/d of ADG (Liméa et al., 2009). With the purpose of improving this growth rate and increasing meat production, it appeared necessary to assess the meat-producing ability of this particular biotype under increasing levels of nutritional density of the diets.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted on the Experimental Farm of the INRA Animal Production Research Unit in Guadeloupe from June 9, 2006, to March 27, 2007. The area is characterized by a humid, tropical climate with an annual rainfall of 2,860 mm and an average temperature of 25°C. All animal care, handling techniques, and slaughter procedures were approved by the Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) Animal Care and Use Committee before the research was initiated.

Experimental Design, Diets, and Animals

Forty intact male kids of the Creole genotype, weighing 9.0 ± 1.2 kg of BW (2.5 mo old), were used in this study. Four groups of kids (10 replicates per group) were raised indoors. Each kid was raised in an individual pen on a slatted floor. The 4 treatments (G0, G100, G200, and G300)

were based on amount of concentrate in the diet. The G0 group received the basal diet without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate/kid per day, and the G300 group received 340 g of concentrate/kid per day, respectively. Kids were blocked by BW and ADG between 30 and 70 d preweaning and were randomly assigned to treatments (Table 1).

The basal diet was green tropical forage (*Digitaria decumbens* Stent.). A 30-12-18 nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer was applied to the pasture. Grass was fertilized at a rate of 1 unit of nitrogen/ha per day of regrowth and was cut daily at 28 d of regrowth. The concentrate was a commercially available product with

90% DM, consisting of corn (*Zea mays*; 68%), soybean cake (15%), wheat bran (11%), urea (1%), and vitamin and mineral supplement (5%). The chemical composition and nutritive value are given in Table 2.

The animals received the concentrate at 0630 h, and the concentrate intake was measured from Monday to Friday every week. The experimental conditions were maintained on Saturday and Sunday, but no measurements were done because of a reduced workforce. The forage was delivered at 0830 h, and forage intake measurements and analyses were carried out monthly based on the last 2 wk of the month.

Samples of offered forage (2 subsamples of 200 g) and refusals (10%) were taken every day from Monday to Friday. One of the subsamples was kept for daily DM determination. All the samples of the feed provided for 2 wk were mixed together for each kid and a new subsample (200 g) was used for chemical analyses. The refusals were composited for each individual, mixed, and subsampled. All measurements were assessed individually.

The experiment was carried out for a total of 292 d. The experimental growth period for each group is tabulated in Table 1. After 1 mo of adaptation of the kids to the individual pen and the diet, the animals ate all

the concentrate delivered in their group, except for the G300 kids. Intake values reported in this study do not include this adaptation period.

Slaughtering Procedure

Kids were slaughtered at 22 to 24 kg of BW. They were weighed the day before slaughter, and their fasted BW was taken just before slaughter. After slaughter, the full digestive tract (**DT**) was removed, weighed, and separated into its component parts. The peritoneal fat was removed and weighed. Dressed carcasses were weighed within 1 h (HCW), and were then chilled for 24 h at 4°C and reweighed (cold carcass weight; **CCW**). Each cold carcass was rated (from 1 to 5) according to conformation, internal fat, and external fat based on a lamb BW grid (OFIVAL, 2005). The perirenal fat and the kidneys were removed and weighed separately. The carcass was then cut in half lengthwise, and the left side was cut according to the method of Colomer-Rocher et al. (1987) into 5 joints (shoulder, neck, ribs, flank, long leg) and weighed.

Given that the shoulder is considered as an adequate and cost-effective joint on which to assess the carcass composition in kids (Arguello et al., 2001), the right shoulder was removed, frozen, and stored (-22°C) for 2 mo. The shoulders were then cut frozen with a Magurit machine (Unitcut 545 SC model, Magurit Gefrierschneider GmbH, Remscheid, Germany), ground using a 3-mm grid (Biro AFMG 48/52, Biro, Serris, France), and homogenized. Aliquots were freeze-dried and stored (-22°C) until the animals were slaughtered. The maximum storage times did not exceed 5 mo (groups G300 and G200), 3.5 mo (group 100), and 2 mo (group G0) before chemical analysis.

Chemical Analyses and Physical Measurements

The DM contents of feeds were determined by oven-drying (Type SE-79, Le Matériel Physico-Chimique Flam et Cie, MPC, Neuilly S/Marine, France) to a constant weight at 60°C for 48 h (AOAC, 1997), whereas ash content was determined by heating samples at 550°C for 12 h according to AOAC (1997); thereafter, the OM content was calculated by the difference. Dry samples were obtained for further chemical analyses and were ground (model SK100 confort Gußeisen, F. Kurt Retsch GmbH & Co, Haan, Germany) to pass through a 1-mm stainless steel screen. The CP content was calculated after nitrogen determination by combustion using the micro-Dumas method (NA2100 Protein, CE Instruments, ThermoQuest S.p.A., Milan, Italy). The method of Van Soest et al. (1991) was followed to determine NDF and ADF (sequentially) on an ash-free basis with an Ankom²⁰⁰ Fiber Analyzer incubator (Ankom Technology, Fairport, NY). The hemicelluloses and cellulose contents of ingredients were calculated as

the differences between NDF and ADF and between ADF and ADL, respectively.

Different evaluations were made on the cold carcass. The ribeye area of the fourth rib on the left side was removed to evaluate the color with a Minolta CR-300 chromameter calibrated to a white standard, using the L*, a*, b* scale (CIE, 1986). Ultimate pH was measured on the sample used to analyze color with a Bioblock Scientific IP67 pH probe (Fischer Bioblock Scientific, Illkirch-Graffenstaden, France) calibrated to pH 4 and 7 by using buffer standards.

Cooking loss was evaluated in refrigerated meat samples (rib area of the fifth rib) individually placed inside polyethylene bags in a water bath at 75°C. Samples were heated to an internal temperature of 70°C, monitored with thermocouples introduced in the core, and cooled for 15 min under running tap water. They were taken from the bags, dried with filter paper, and weighed. Cooking loss was expressed as the percentage of loss related to the initial weight.

The entire shoulder was ground, and a homogeneous sample was taken, freeze-dried, and stored (-22°C) as described above. The aliquots were finely ground in a ball grinder (Dangoumill 300, Prolabo, Paris, France) to determine DM, mineral matter, and CP, as described above. The total lipid (ether extract) was determined via the Soxhlet extraction method by using petroleum ether as the solvent and was determined gravimetrically after evaporating the solvent (AOAC, 1997).

Data Calculations and Statistical Analyses

Empty BW (**EBW**) was computed by subtracting the weight of the gut content from the slaughter weight. Dressing percentage was calculated as the ratio of the HCW on BW at slaughter (HCW/slaughter weight) and cold carcass yield was the CCW related to the EBW (CCW/EBW).

The DM deposited in the shoulder was calculated as the shoulder weight multiplied by the DM content (%) in the shoulder. The protein and lipid deposits in the shoulder were then calculated by multiplying the DM deposited in the shoulder by the CP content (%) and the lipid content (%), respectively. According to the reports of Fraysse and Darré (1990), the caloric value of retained protein was assumed to be 23.79 MJ/kg of protein and that of retained fat was assumed to be 39.20 MJ/kg of fat. These caloric values were multiplied by the protein and lipid deposits in the shoulder, respectively, to assess the caloric value retained in the protein and lipid deposits, respectively.

The experimental unit was the animal because intake, growth, and carcass traits were assessed individually. Data were analyzed using the GLM procedure (SAS Inst. Inc., Cary, NC) with level of nutritional regimen as the main effect in the model. Carcass traits, except those calculated as a proportion of BW, were studied with slaughter weight used as a covariate, which was

Table 2. Ingredient, chemical composition, and feeding value of the different components of the diet

Item	Tropical forage	Commercial pellet ¹
DM, ² %	23.3	88.9
Chemical composition, ² g/kg of DM		
CP	108	209
Ether extract	14	25
NDF	686	168
ADF	328	47
ADL	35	17
Tabulated value, ³ per kg of DM		
GE, MJ	12.6	19.5
ME, MJ	8.8	13.6

¹Composition per kilogram (as-fed basis): 680 g of corn grain, 150 g of soybean cake, 110 g of wheat bran, 10 g of urea, and 50 g of vitamin and mineral supplement.

²Nutrient composition based on laboratory analyses.

³Values from tabular nutrient values for tropical forages (Aumont et al., 1991) and pellet ingredients (Sauvant et al., 2002).

kept in the model only when significant ($P < 0.05$). Carcass quality scores and fat weights were studied with carcass weight used as a covariate, which was kept in the model only when significant ($P < 0.05$). The least squares means procedure (PDIFF option, SAS Inst. Inc.) was used to compare means when a significant F -value was obtained. Significant effects were considered at $P < 0.05$ and trends were considered at $P \leq 0.10$.

Regressions (linear and quadratic terms) were computed (REG procedure, SAS Inst. Inc.) to predict BW gain according to supplement intake of the finishing kids and also to predict the different deposits (mass or caloric values) according to energy intake.

RESULTS

Intake

The chemical composition of the forage was 100, 686, 328, and 35 g/kg of DM for CP, NDF, ADF, and ADL, respectively. After 1 mo of adaptation, the animals in groups G100 and G200 always ate all the concentrate, whereas the amount of intake in G300 varied and was

310 g/d on average. Total DMI (Table 3) increased at the same time as the inclusion ratio of the concentrate in the diet, whereas forage DMI decreased (12% less) from forage-fed kids to supplemented ones. The forage intake then remained similar among groups G100 to G300. The energy and CP intakes varied significantly ($P < 0.01$) among feeding groups.

Nutrient Utilization for Growth

Growth ($P < 0.01$) increased from groups G0 to G300 during the finishing period (Table 3). The prediction of ADG (g/d) in terms of percentage of concentrate (pc) in the diet was curvilinear:

$$\begin{aligned} \text{ADG (g/d)} = & 41.40 (\pm 0.909) + 1.662 (\pm 0.4167)\text{pc} \\ & - 0.02004 (\pm 0.0081)\text{pc}^2, (n = 40; R^2 = 0.60; \text{RSD} \\ & = 12.36; P < 0.01), \end{aligned}$$

where RSD = residual SD.

Prediction of ADG (g/d) in terms of concentrate DMI per kilogram of $\text{BW}^{0.75}$ (DMICmw; g/BW^{0.75}) was

Table 3. Intake and growth performance of fattening Creole kids according to level of nutritional density¹

Item	G0	G100	G200	G300	SEM
Total DMI, g/d	415 ^a	498 ^b	575 ^c	655 ^d	48.2
Forage DMI, g/d	415 ^a	373 ^b	363 ^b	379 ^b	34.4
Total DMI, g/kg of $\text{BW}^{0.75}$	51.4 ^a	53.8 ^b	66.7 ^c	78.3 ^d	5.63
Forage DMI, g/kg of $\text{BW}^{0.75}$	51.4 ^a	41.2 ^b	42.4 ^b	42.7 ^b	3.99
ME intake, MJ/d	3.35 ^a	4.61 ^b	6.02 ^c	7.00 ^d	0.45
ME intake, MJ/kg of $\text{BW}^{0.75}$	2.56 ^a	3.50 ^b	4.61 ^c	5.38 ^d	0.31
Total lipid intake, g/d	6 ^a	8 ^a	11 ^b	13 ^b	0.9
Total CP intake, g/d	41 ^a	62 ^b	85 ^c	98 ^d	6.6
G:F, g/kg	101 ^a	122 ^b	125 ^{bc}	127 ^c	12.3

a-dMeans within the same row with different superscripts differ significantly ($P < 0.01$).

¹The G0 group received the basal diet (tropical forage ad libitum) without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate/kid per day, and the G300 group received 340 g of concentrate/kid per day.

Table 4. Carcass weights, yields, quality scores, and proportions of retail cuts of fat-tenting Creole kids according to level of nutritional density¹

Item	G0	G100	G200	G300	SEM
Age at slaughter, d	402 ^a	333 ^b	290 ^c	272 ^d	58.4
Slaughter weight, kg	22.5	23.6	22.6	23.3	1.8
Cold carcass weight, kg	8.9 ^a	10.6 ^b	11.1 ^b	12.3 ^c	0.8
HCW, kg	9.3 ^a	11.0 ^b	11.6 ^{bc}	12.9 ^c	0.9
Empty BW, kg	15.3 ^a	18.7 ^b	18.4 ^b	19.2 ^b	1.5
Dressing, ² %	42 ^a	47 ^b	51 ^c	51 ^c	2.6
Carcass output, ³ %	59	56	61	59	2.7
Conformation score ⁴	3.2 ^a	3.4 ^a	4.0 ^b	3.6 ^b	0.5
External fat score ⁴	2.0	2.1	2.6	2.4	0.8
Internal fat score ⁴	2.4 ^a	3.1 ^b	3.7 ^c	4.1 ^c	0.7
Color score ⁴	2.5 ^a	2.3 ^a	2.0 ^b	2.1 ^b	0.4
Shoulder proportion, %	19.3	19.8	19.7	19.5	0.98
Neck proportion, %	12.7	13.2	13.2	12.5	1.58
Breast proportion, %	14.2	15.1	15.0	15.0	1.17
Leg proportion, %	30.8	30.5	29.6	30.7	1.85
Rib + loin proportion, %	23.0	21.4	22.5	22.3	1.89

^{a-d}Means within a row without a common superscript letter differ ($P < 0.01$); the covariable slaughter weight in the GLM model was significant ($P < 0.01$) for most of the items except for carcass yields; the covariable carcass weight in the GLM model was significant ($P < 0.01$) for most of the items except for fat and color scores.

¹The G0 group received the basal diet (tropical forage ad libitum) without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate, and the G300 group received 340 g of concentrate.

²Dressing percentage = HCW/slaughter weight.

³Carcass output = cold carcass weight/empty BW.

⁴Conformation, fat, and color scores were determined according to OFIVAL (2005), on a scale from 1 to 5.

linear (the quadratic terms were not significant $P > 0.05$):

$$\begin{aligned} \text{ADG (g/d)} &= 42.28 (\pm 3.893) + 1.247 (\pm 0.1649) \\ &\times \text{DMICmw (g/BW}^{0.75}), (n = 40; R^2 = 0.67; \text{RSD} \\ &= 12.76; P < 0.01). \end{aligned}$$

Prediction of ADG (g/d) in terms of ME intake (MEI; MJ/d) was linear (the quadratic terms were not significant $P > 0.05$):

$$\begin{aligned} \text{ADG (g/d)} &= 0.570 (\pm 0.938) + 12.565 (\pm 1.335) \\ &\times \text{MEI (MJ/d)}, (n = 40; R^2 = 0.76; \text{RSD} \\ &= 10.91; P < 0.01). \end{aligned}$$

The G:F increased with the addition of concentrate to the ration (25 to 30 points more) between kids fed forage and those receiving concentrate as well (Table 3).

No difference was observed between the kids that received the 2 greatest amounts of concentrate (G200 and G300).

Carcass and Noncarcass Components

Carcass weight and dressing percentage (Table 4) increased ($P < 0.01$) with the addition of concentrate to the ration. The type of diet did not have a significant effect on the cold carcass yield. A difference ($P < 0.01$) was observed for the EBW (3 to 4 kg) between kids fed

forage and kids fed mixed diets even though the animals were slaughtered at a statistically identical BW. The proportions of carcass cuts (Table 4) were similar ($P > 0.05$) regardless of the feeding groups of the kids. Feeding system had an effect on abdominal fat depositions ($P < 0.01$; Table 5), mainly attributable to heavier peritoneal and kidney fat ($P < 0.01$) in G300 kids, 2.3-fold more compared with their G0 counterparts. The main offal components, classified as DT, red organs (liver, heart, lungs, kidneys), and head, skin, feet (HSF), are presented in Table 5. As for the DT, forage-fed kids had a heavier reticulorumen ($P < 0.01$) and large intestine, whereas weights of the small intestine were less, but values for these last traits did not reach significance. Differences ($P < 0.05$) were observed for the total weight of the white offal and the proportion of white offal relative to EBW for G0 kids as compared with the other 3 groups. In relation to red organs, concentrate-fed kids had heavier ($P < 0.01$) liver weights, whereas kidney, heart, and lung weights were not affected by the feeding system. The skin from supplemented kids was heavier ($P < 0.01$) than that from kids fed forage only.

The caloric values of the different deposits according to diet group are represented in Figure 1, in addition to the prediction equations of these traits in terms of ME intake (MJ/d). The quadratic terms of the equations did not reach significance. The rate of energy use was significantly (comparison of slopes, $P < 0.01$), 54-fold, greater in the caloric value of abdominal fat tissues than in the caloric value of protein deposits in

Table 5. Weights of offal and noncarcass components of fattening Creole kids according to level of nutritional density¹

Item	G0	G100	G200	G300	SEM
Gut fill, g	7,266 ^a	4,828 ^b	4,220 ^c	4,186 ^c	1,341
Reticulorumen, g	611 ^a	541 ^b	464 ^c	521 ^d	68
Omasum, g	70	64	60	57	12
Abomasum, g	120	124	100	82	18
Small intestine, g	274	242	383	396	88
Large intestine, g	449	445	398	375	45
Omental fat, g	190 ^a	225 ^b	319 ^c	454 ^d	106
Kidney fat, g	113 ^a	139 ^b	255 ^c	253 ^c	83
Intestinal fat, g	275 ^a	277 ^a	392 ^b	388 ^b	73
Head, g	1,731	1,803	1,849	1,837	77.4
Feet, g	516 ^a	601 ^b	608 ^b	658 ^c	39.2
Skin, g	1,312 ^a	1,742 ^b	1,783 ^{bc}	1,856 ^c	140.1
Heart + trachea + lung, g	387	473	474	472	68
Liver, g	304 ^a	345 ^b	352 ^b	375 ^c	36
Kidney, g	53	54	58	59	6

^{a-d}Means within a row without a common superscript letter differ ($P < 0.01$); the covariable slaughter weight in the GLM model was significant ($P < 0.01$) for most of the items except skin weight; the covariable carcass weight in the GLM model was significant ($P < 0.01$) for most of the items except for fat weights.

¹The G0 group received the basal diet (tropical forage ad libitum) without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate/kid per day, and the G300 group received 340 g of concentrate/kid per day.

the shoulder. The use of energy for the caloric value of protein deposits in the shoulder was 1.7-fold greater ($P < 0.01$) than for the caloric value of lipid deposits.

Carcass Quality

Nutritional level did not have a significant effect on fat cover score (Table 4). The quantity of concentrate in the ration significantly ($P < 0.05$) influenced the internal fat score. This was 1.5 points more from one extreme of the groups to the other. In addition, there was a significant ($P < 0.01$) effect of supplementing concentrates on the weight of the peritoneal, intestinal, and kidney fat tissues. The latter increased by 2.2-fold from the group without concentrate in the ration to the group that was fed the maximum percentage of concentrate. A significant variation ($P < 0.05$) was observed on carcass conformation scores, with the least score attributed to foraged kids.

Diet had an effect ($P < 0.01$) on the ultimate pH and on the cooking loss of the meat (Table 6) but had no effect on the color variables L* (lightness) and b* (yellowness). The a* color parameter, accounting for redness, was less ($P < 0.05$) in group G300 compared with the 3 other treatments. The ash, lipid, and CP ratios for the carcasses did not vary significantly in relation to group (Table 6), whereas the DM content did ($P < 0.05$).

DISCUSSION

Intake

The increase in total feed intake with increasing amount of concentrate in the diet is in agreement with previous studies showing that the addition of energy and protein pellets

resulted in improvements in total digestibility and DMI with goats fed temperate (Morand-Fehr, 1991) and tropical forages (Haddad, 2005).

The DMI of Creole kids fed mixed diets (groups G200 and G300) were similar to those reported for other tropical breeds when expressed relative to metabolic BW (Haddad, 2005; Phengvichith and Ledin, 2007; Sanon et al., 2008). However, these intakes were less than those reported by Fernandes et al. (2007) or Ryan et al. (2007) for Boer crossbred goats, likely because of the greater amounts of concentrate in the diets and greater BW.

Nutrient Utilization for Growth

Kid ADG increased progressively with the increasing nutritional density of the diet. The growth value (42 g/d) observed for the G0 group (i.e., kids fed on grass alone) was greater than the values reported by Zemmelink et al. (1991) in West Africa and by Alexandre et al. (1997) in Guadeloupe, with tropical kids raised on pasture. This could be explained by the exposure to parasitic infestations (Mandonnet et al., 2003) associated with pasture grazing compared with indoor feeding. Analysis of the equation that predicted growth in terms of concentrate intake indicated that the growth potential of animals used in the experiment was 84 g/d. Greater growth values (120 g/d) were found previously for tropical goats (Mahgoub et al., 2005; Ryan et al., 2007), but the animals were fed high-energy diets (60 to 80% of concentrate in the diet). Moreover, the relative growth rate, calculated as the ratio of ADG to birth weight, reached 4.5% for Creole bucks and was very similar to rates reported in the cited studies (Omari,

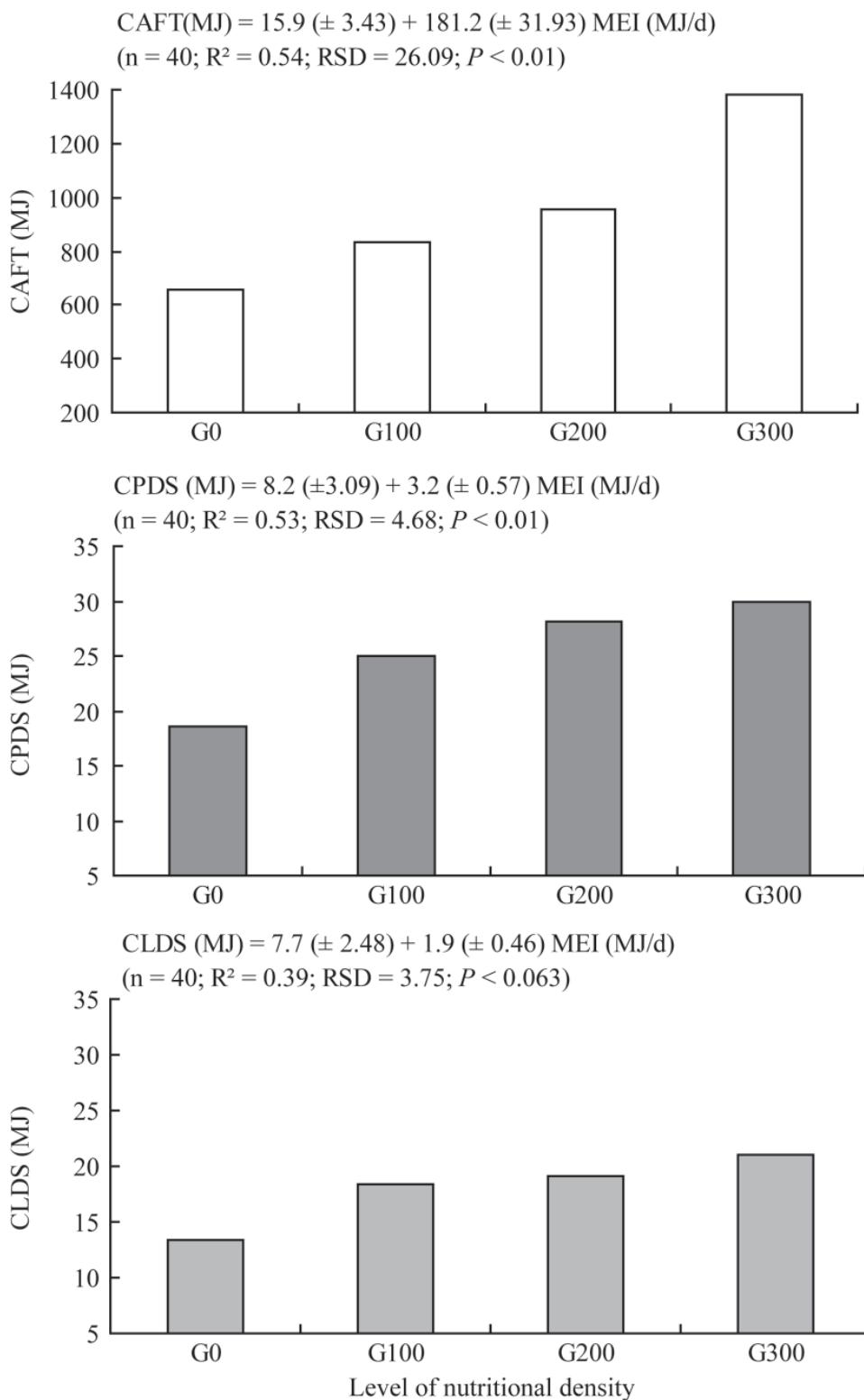


Figure 1. Calculated caloric values (MJ) of abdominal fat tissues (CAFT; top panel), protein deposits in the shoulder (CPDS; middle panel), and lipid deposits in the shoulder (CLDS; bottom panel) according to the nutritional density of the diets and terms of regression of these traits against ME intake (MEI; MJ/d). The G0 group received the basal diet (tropical forage ad libitum) without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate/kid per day, and the G300 group received 340 g of concentrate/kid per day. RSD = residual SD.

Table 6. Ultimate pH and instrumental color variables measured on LM and chemical composition of the shoulder of fattening Creole kids according to level of nutritional density¹

Item	G0	G100	G200	G300	SEM
Physical measurement					
Cooking loss, %	33.0 ^a	31.5 ^a	24.4 ^b	25.6 ^b	4.5
Ultimate pH	5.69 ^a	5.84 ^a	5.56 ^b	5.52 ^b	0.1
L (lightness)	39.5	41.5	40.9	40.3	2.3
a (redness)	17.0 ^a	16.9 ^a	16.7 ^a	14.9 ^b	1.7
b (yellowness)	5.1	6.3	5.9	4.6	1.6
Chemical composition					
DM, %	31.2 ^a	32.9 ^b	33.7 ^c	33.2 ^{bc}	1.1
Ash, g/kg of DM	9.4	11.1	10.2	10.6	0.9
Total lipids, g/kg of DM	28.2	28.6	29.5	27.2	2.6
CP, g/kg of DM	62.2	61.8	62.3	63.4	5.4

^{a-c}Means within a row without a common superscript letter differ ($P < 0.05$).

¹The G0 group received the basal diet (tropical forage ad libitum) without concentrate, the G100 group received the basal diet plus 140 g (fresh material) of concentrate/kid per day, the G200 group received 240 g of concentrate/kid per day, and the G300 group received 340 g of concentrate/kid per day.

4.1%; crossbred Boer, 4.3%). Based on these traits, there seemed to be some scope for improvement of meat production with the indigenous Caribbean goat reared under adequate feeding systems. In essence, the relatively good levels of growth observed could be proof of the good quality of the diets, their effective utilization by the animal, or both. The G:F ratio could assess the biological efficiency of this tropical genotype, because it is a trait used in breed comparison or evaluation, given its economic impact (Urge et al., 2004; Mahgoub et al., 2005; Shrestha and Fahmy, 2007). The G:F ratios, which were calculated to be approximately 100, may be low but this could be explained by the fibrous nature of the basal diet made of tropical forage, which is known for its high fiber content (Humphreys, 1991) and which is frequently reported for goats fed an unbalanced diet (Mahgoub et al., 2005; Almeida et al., 2006). The values of 125 to 130 obtained in our study for diets with increased energy and protein intakes were satisfactory and were within the range of values available in the literature ($n = 63$ papers) reviewed by Luo et al. (2004). The values reported in tropical studies for goats reared in similar conditions were 125 (Crossbred Boer; Ryan et al., 2007) and 133 (Omani Batina; Mahgoub et al., 2005).

Further studies are required to model the kid growth curve, as was done by Tsukahara et al. (2008), with more experimental data that could be implemented under varying feeding conditions. Probably there could have been a curvilinear answer, which seemed to be reflected in the feed conversion ratio. The quadratic terms of the regression equation did not reach significance. However, the G:F did not vary between the G200 and G300 groups. It could be deduced, from an economic point of view, that the supply of supplement with adequate-quality grass for optimal growth would be approximately 3.69 MJ of ME/d (achieved with 240 to 310 g/d of concentrate in our experiment). This could make it possible to establish recommendations for intensive finishing systems for Creole kids in Caribbean zones. Given

that the local demand for goat meat far exceeds local production, the potential exists for development of the local goat meat market (Alexandre et al., 2008). Consequently, there is a tendency toward intensification of production systems (Mahieu et al., 2008) to increase the goat meat offered in the commodity chain.

In fact, we had some difficulty assessing the nutrient requirements of indigenous kids because the literature on tropical goats is contradictory; the energy requirement (ME in kJ) for 1 g of ADG was estimated to be 38.1 (Zemmelink et al., 1991; West African Dwarf), 24.3 (Mandal et al., 2005; Indian goats), and 19.8 (Luo et al., 2004; diverse indigenous goats).

Comparison of the different slopes in the regression equations for deposits and ME intakes would suggest that these hardy indigenous animals preferentially tended to deposit more abdominal fat tissue than protein mass, and finally lipid mass. This apparent differential use of energy for different deposits must be studied further to have a better description of the composition of gain in growing Creole kids and to provide more adequate feed recommendations, as stated by Sahlu et al. (2004).

Carcass Yields and Cuts

The carcass weight and the dressing percentage of Creole kids improved with the progressive addition of concentrates in the diet, although the effect of slaughter weight was not a factor in our study. The greater dressing percentage for G200 and G300 animals was probably due to better body development as well as a lighter DT. Cold carcass output relative to EBW did not differ significantly from one group to another. The present yield (mean of 59%) was in the upper range of the values reported by Cameron et al. (2001), Mahgoub et al. (2005), and Sen et al. (2004). This was an encouraging result for these first intensive finishing experiments with this hardy tropical genotype. Confor-

mation scores were also affected by additional energy intake. These observations are in line with previous works demonstrating that the level of energy in the ration significantly affected carcass traits (Haddad, 2005; Mahgoub et al., 2005; Ryan et al., 2007; Sanon et al., 2008).

The increase in weights of primal carcass cuts was directly related to the increase in carcass weight. The proportion of carcass in the total of the leg, shoulder, and neck remained similar (approximately 63%) regardless of the group. The leg represented 30% of the carcass and varied on the same scale as the well-conformed genetic breeds (28 to 33%), as reported by Sen et al. (2004), Webb et al. (2005), and Ryan et al. (2007).

Offal and Noncarcass Components

Determination of the weight of the offal and noncarcass components is of interest because of their large contribution (>50%) to maintenance energy expenditure (Ortigues, 1991). The progressive inclusion of pellets in the diet had an increasing effect on abdominal fat deposits as well as on the internal fat score, which is related to the kidney and pelvic fat. Similar conclusions have been reported in the literature on goats; however, the trend for increasing fat weights was less in the current study (2.3-fold more) than in other studies (3- to 4-fold more). For example, Phengvichith and Ledin (2007) reported 800 vs. 200 g of peritoneal fat, and Ryan et al. (2007) reported 760 vs. 250 g of peri-renal fat for supplemented vs. nonsupplemented kids, respectively. In addition, the increase in fat weights was less in our study than in other studies because of the decreased concentrate level used in the present study (58% compared with 90%). The abdominal fat deposits represented 4% of the EBW, whereas other authors reported 6 to 7% (Cameron et al., 2001; Sen et al., 2004; Phengvichith and Ledin, 2007). Regardless of the feed level and the internal fat weights, the Creole kid carcasses had an acceptable fat cover score (from 2 to 2.6 on a scale ranging from 1 to 5) because consumers in Guadeloupe value low-fat goat meat (Alexandre et al., 2008).

Goats are well known to have fat deposits mainly in the abdominal cavity (Kempster, 1981). We must maintain this apparent ability of Creole kids to deposit less external fat by using an adapted feed strategy in order not to depreciate the carcass and to avoid a detrimental long-term impact on human health. In addition, comparison of the slopes for use of energy intake in terms of different deposits and fat tissues showed that the Creole goat had a greater tendency to deposit fat tissues in the abdomen and had less tendency to deposit fat tissues in muscle. Further studies are required to increase the database for better description of tissue partitioning.

The feeding system influenced the weight of the red organs, DT, and HSF, but the proportions in relation to EBW were similar among kids fed mixed diets. Breed, age, sex, and slaughter weight are the main factors

that influence the noncarcass weight (Warmington and Kirton, 1990). In the present study, breed and slaughter weight were fixed factors, whereas age at slaughter was determined by the ADG, depending on the feeding system that affected noncarcass weight. Increasing concentrate amounts reduced reticulorumen weights and large intestine weights, whereas the weights of the small intestine increased. A possible explanation is that in kids fed forage diets, the large amounts of digesta present in the DT would give rise to net tissue growth (Wester et al., 1995). Digesta were not assessed per se, but the increasing gut fill would support this hypothesis. Moreover, the DT could be affected by the physical characteristics of the diet. Kouakou et al. (1997) reported with sheep that the physical attributes of low- to moderate-quality tropical grasses affected mass and energy consumption by splanchnic tissues.

Regarding the red organs, forage-fed kids had lighter liver weights, whereas kidney, heart, and lung weights were not affected by the feeding system. These results are in line with the conclusions of Haddad (2005) in goats. Joy et al. (2008) reported in sheep that the weight of offal components with low metabolic activity varied slightly with diet, given that these components are early maturing and are less affected by dietary effects in growing, compared with mature, animals. On the other hand, the lighter liver weights would be in accordance with a decreasing plane of nutrition, eliciting a reduced metabolic rate and mass of metabolically active tissue, such as the liver (Wester et al., 1995).

The weights of the head and feet were greater for the G300 kids, and this could be linked to their age at slaughter, which was younger than for their counterparts. These results are in agreement with the report of Hammond (1932), who found that bones develop quickly in the early stages of life to support muscle growth. The greater weights and proportions of skin in the G300 carcasses were similar to data reported elsewhere (Ngwa et al., 2007; Sebsibe et al., 2007).

Carcass Quality

The cooking loss varied according to the feeding levels of the kids, contrary to the conclusions of Kannan et al. (2006) and Madruga et al. (2008), who observed that dietary treatment did not have an effect on this trait. However, these authors did not have forage-fed kids in their experiment; in addition, variations attributable to genotype have been reported (Dhanda et al., 1999; Kadim et al., 2004), which could explain the differences between the cited studies. Differences in cooking loss are often linked to differences in ultimate pH and fat content. In our study, decreased pH and greater fat proportions were observed for G300 kids, compared with G0 kids, and are in line with their decreased cooking loss. The limited fat content in the meat of G0 kids possibly exacerbated cooking losses, as reported by Webb et al. (2005). The values observed in the present study seemed to be less than those reported frequently.

by others (Webb et al., 2005). The cooking loss of goat meat is of interest, because the water retained in the cooked product is the major contributor to the attribute of juiciness (Webb et al., 2005). It is therefore recommended that in the future, the eating quality of Creole goat meat be assessed by way of sensory evaluation.

The color variables recorded in the present study were within the range of values reported by Abdullah and Musallam (2007) and Lee et al. (2008). Values for the L* and b* parameters did not reach significance. This is in agreement with results in the native black goat of Jordan reported by Abdullah and Musallam (2007), who found that these variables were not affected by nutritional regimen. The a* parameter (redness) of the G300 meat was less than for the others. This effect of concentrate intake was probably an indirect effect via growth rate. In fact, the G300 kids were younger when slaughtered than the kids on other treatments, and a darker red color is associated with older animals, such as those consuming decreased amounts of supplement. It is generally reported that a red meat characterizes mature animals because of their greater concentration of muscle pigment (Fraysse and Darré, 1990).

The chemical composition of the carcass was within the values reported by Fraysse and Darré (1990). A similar increasing effect of supplement amount on DM content has been reported in the carcass (Mahgoub et al., 2005; Almeida et al., 2006; Fernandes et al., 2007) or in lean tissue (Abdullah and Musallam, 2007; Lee et al., 2008). Lipid content did not change in our experiment because the amount of energy used was less than in other studies in which increased fat deposition was observed. In the present study, the kids were slaughtered at a similar slaughter weight among treatments, whereas the slaughter weights were different within groups in the cited experiments (at least 10 kg difference), inducing different fattening levels. In addition, the different conclusions of the different experiments were linked to the kid breed. It is known that variations exist between goat genotypes in carcass composition and tissue partitioning (Dhanda et al., 1999; Oman et al., 1999).

The question with an indigenous hardy genotype such as the Caribbean Creole goat is how to increase the carcass weight and conformation with increasing energy density in the diet while producing lean and desirable meat. Under an adequate nutritional regimen, the Caribbean Creole goat appeared as an acceptable meat-producing animal, even though it is not selected for this trait. In this initial experimental phase, dose-effect relationships were studied by using concentrate supplements for goats in confinement conditions to establish adapted recommendations for intensive finishing of indigenous goats in the Caribbean basin zones. As prices of grain and other feedstuffs increase because of the global energy situation, nutrition research may be dominated by studies that optimize the feeding of

by-products (Moore et al., 2002). An optimal supply of supplement with adequate-quality grass would be approximately 3.69 MJ/d of ME. By increasing the nutritional density, it was possible to obtain desirable carcasses, with no excessive fattening. However, increased concentrate consumption can alter the fatty acid profile in goat meat resulting from changes in the activity of rumen bacteria (Banskalieva et al., 2000). Bas et al. (2005) reported that the lipid and cholesterol content of muscles was greater in goats raised indoors and fed concentrate than in those raised outdoors under the harsh conditions of Morocco. In our conditions, the goat meat fatty acid composition deserves more research attention, especially when intensive systems of nutrition are being tested to increase goat meat production. For the group fed without the addition of concentrate, the daily growth rate was nevertheless significant, which means that when tropical forage is managed effectively (Archimède et al., 2000), it remains a good basal diet for native tropical goats.

LITERATURE CITED

- Abdullah, A. Y., and H. S. Musallam. 2007. Effect of different levels of energy on carcass composition and meat quality of male black goats kids. *Livest. Sci.* 107:70–80.
- Alexandre, G., S. Asselin de Beauville, E. Shitalou, and M. F. Zebus. 2008. An overview of the goat meat sector in Guadeloupe: Conditions of production, consumer preferences, cultural functions and economic implications. *Livest. Res. Rural Dev.* 20:article 14.
- Alexandre, G., G. Aumont, J. Fleury, O. Coppry, P. Mulciba, and A. Nepos. 1997. Semi intensive production of meat goat at pasture in the humid tropics: Creole goats on pangola (*Digitaria decumbens*) in Guadeloupe. *INRA Prod. Anim.* 10:43–54.
- Alexandre, G., G. Aumont, J. C. Mainaud, J. Fleury, and M. Naves. 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole goats during the suckling period. *Small Rumin. Res.* 34:157–162.
- Alexandre, G., F. Leimbacher, O. Maurice, D. Domarin, M. Naves, and N. Mandonnet. 2009. Goat farming systems in Martinique: Management and breeding strategies. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:635–644.
- Almeida, A. M., L. M. Schwalbach, H. O. De Waal, J. P. C. Greyling, and L. A. Cardoso. 2006. The effect of supplementation on productive performance of Boer goat bucks fed winter veld hay. *Trop. Anim. Health Prod.* 38:443–449.
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Archimède, H., M. Boval, G. Alexandre, A. Aumont, and C. Poncet. 2000. Effect of regrowth age on intake and digestion of *Digitaria decumbens* consumed by Black-belly sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 7:153–162.
- Arguello, A., J. Capote, R. Gines, and J. L. Lopez. 2001. Prediction of kid carcass composition by use of joint dissection. *Livest. Prod. Sci.* 67:293–295.
- Aumont, G., I. Caudron, and A. Xande. 1991. Feeding value tables of tropical forages in the Caribbean area and La Reunion. [Tables des valeurs alimentaires de fourrages tropicaux de la zone Caraïbe et de la Réunion]. Edition SRZ, Petit-Bourg, Guadeloupe.
- Banskalieva, V., T. Sahlu, and A. L. Goetsch. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: A review. *Small Rumin. Res.* 37:255–268.
- Bas, P., E. Dahbi, A. El Aich, P. Morand-Fehr, and A. Araba. 2005. Effect of feeding on fatty acid composition of muscles and adi-

- pose tissues in young goats raised in the Argan tree forest of Morocco. *Meat Sci.* 71:317–326.
- Cameron, M. R., J. Luo, T. Sahlu, S. P. Hart, S. W. Coleman, and A. L. Goetsch. 2001. Growth and slaughter traits of Boer × Spanish, Boer × Angora and Spanish goats consuming a concentrate-based diet. *J. Anim. Sci.* 79:1423–1430.
- Commission Internationale de l'Eclairage. 1986. Colorimetry. 2nd ed. CIE Publ. No. 15.2. Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna, Austria.
- Colomer-Rocher, F., P. Morand-Fehr, and A. H. Kirton. 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livest. Prod. Sci.* 17:149–159.
- Dhanda, J. S., D. G. Taylor, J. E. Mc Cosker, and P. J. Murray. 1999. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. *Meat Sci.* 52:355–361.
- Fernandes, M. H. M. R., K. T. Resende, L. O. Tedeschi, J. S. Fernandes Jr., H. M. Silva, G. E. Carstens, T. T. Berchielli, I. A. M. A. Teixeira, and L. Akinaga. 2007. Energy and protein requirements for maintenance and growth of Boer crossbred kids. *J. Anim. Sci.* 85:1014–1023.
- Fraysse, J. L., and A. Darré. 1990. How to produce meat. I. Economic and biological concepts. Agriculture d'aujourd'hui, Sciences Techniques Applications, Paris, France.
- Haddad, S. G. 2005. Effect of dietary forage:concentrate ratio on growth performance and carcass characteristics of growing Baladi kids. *Small Rumin. Res.* 57:43–49.
- Hammond, J. 1932. Growth and Development of Mutton Qualities in the Sheep. Oliver and Boyd, Edinburgh, UK.
- Humphreys, L. R. 1991. Tropical Pasture Utilization. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Joy, M., G. Ripoll, and R. Delfa. 2008. Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. *Small Rumin. Res.* 78:123–133.
- Kadim, I. T., O. Mahgoub, D. S. Al-Ajmi, R. S. Al-Maqbaly, N. M. Al-Saqri, and A. Ritchie. 2004. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. *Meat Sci.* 66:203–210.
- Kannan, G., K. M. Gadiyaram, S. Galipalli, A. Carmichael, B. Kouakou, T. D. Pringle, K. W. McMillin, and S. Gelaye. 2006. Meat quality in goats as influenced by dietary protein and energy levels, and postmortem aging. *Small Rumin. Res.* 61:45–52.
- Kempster, A. J. 1981. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: A review. *Meat Sci.* 5:83–98.
- Kouakou, B., A. L. Goetsch, A. R. Patil, D. L. Galloway, and K. K. Park. 1997. Visceral organ mass in wethers diets with different forages and grain levels. *Livest. Prod. Sci.* 47:125–137.
- Lee, J. H., B. Kouakou, and G. Kannan. 2008. Chemical composition and quality characteristics of chevon from goats fed three different post-weaning diets. *Small Rumin. Res.* 75:177–184.
- Liméa, L., J. Gobardham, G. Gravillon, A. Nepos, and G. Alexandre. 2009. Growth and carcass traits of Creole goats under different pre-weaning, fattening and slaughter conditions. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:61–70.
- Luo, J., A. L. Goetsch, T. Sahlu, I. V. Nsahlai, Z. B. Johnson, J. E. Moore, M. L. Galyean, F. N. Owens, C. L. Ferrell, and Z. B. Johnson. 2004. Prediction of metabolizable energy requirements for maintenance and gain of preweaning, growing and mature goats. *Small Rumin. Res.* 53:231–252.
- Madruga, M. S., T. S. Torres, F. F. Carvalho, R. C. Queiroga, N. Narain, D. Garrutti, M. A. Souza Neto, W. Mattos Carla, and R. G. Costa. 2008. Meat quality of Moxotó and Canindé goats as affected by two levels of feeding. *Meat Sci.* 80:1019–1023.
- Mahgoub, O., C. D. Lu, M. S. Hameed, A. Richie, A. S. Al-Halhali, and K. Annamalai. 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolizable energy densities. *Small Rumin. Res.* 58:175–180.
- Mahieu, M., H. Archimède, J. Fleury, N. Mandonnet, and G. Alexandre. 2008. Intensive grazing system for small ruminants in the Tropics: The French West Indies experience and perspectives. *Small Rumin. Res.* 77:195–207.
- Mandal, A. B., N. S. S. Paul, G. P. Mandal, A. Kannan, and N. N. Pathak. 2005. Deriving nutrient requirements of growing Indian goats under tropical conditions. *Small Rumin. Res.* 58:201–217.
- Mandonnet, N., G. Aumont, J. Fleury, R. Arquet, H. Varo, L. Gruner, J. Bouix, and J. Vu Tien Khang. 2001. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics. *J. Anim. Sci.* 79:1706–1712.
- Mandonnet, N., V. Ducrocq, R. Arquet, and G. Aumont. 2003. Mortality of Creole kids during infection with gastrointestinal strongyles: A survival analysis. *J. Anim. Sci.* 81:2401–2408.
- Moore, J. A., M. H. Poore, and J. M. Luginbuhl. 2002. By-product feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 80:1752–1758.
- Morand-Fehr, P. 1991. Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, the Netherlands.
- Navès, M., G. Alexandre, F. Leimbacher, N. Mandonnet, and A. Menendez-Buxadera. 2001. Breeding programs and population management in domestic ruminants of the Caribbean. *Prod. Anim.* 14:182–192.
- Ngwa, A. T., L. J. Dawson, R. Puchala, G. Detweiler, R. C. Merkel, I. Tovar-Luna, T. Sahlu, C. L. Ferrell, and A. L. Goetsch. 2007. Effect of initial body condition of Boer × Spanish yearling goat wethers and level of nutrient intake on body composition. *Small Rumin. Res.* 73:13–26.
- OFIVAL. 2005. Classifications des ovins. Guide technique et réglementaire Pesée Classement Marquage. <http://www.ofival.fr/guide-pcm-ext/page-web/p-31a34.htm> Accessed Jan. 1, 2005.
- Oman, J. S., D. F. Waldron, D. B. Griffin, and J. W. Savell. 1999. Effect of breed type and feeding regimen on goat carcass traits. *J. Anim. Sci.* 77:3215–3218.
- Ortigues, I. 1991. Adaptation du métabolisme énergétique des ruminants à la sous-alimentation. Quantification au niveau de l'animal entier et de tissus corporels. *Reprod. Nutr. Dev.* 31:593–616.
- Phengvichith, V., and I. Ledin. 2007. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats. *Trop. Anim. Health Prod.* 39:59–70.
- Ryan, S. M., J. A. Unruh, M. E. Corrigan, J. S. Drouillard, and M. Seyfert. 2007. Effects of concentrate level on carcass traits of Boer crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 73:67–76.
- Sahlu, T., A. L. Goetsch, J. Luo, I. V. Nsahlai, J. E. Moore, M. L. Galyean, F. N. Owens, C. L. Ferrell, and Z. B. Johnson. 2004. Nutrient requirements of goats: Developed equations, other considerations and future research to improve them. *Small Rumin. Res.* 53:191–219.
- Sanon, H. O., C. Kaboré-Zoungrana, and I. Ledin. 2008. Growth and carcass characteristics of male Sahelian goats fed leaves or pods of *Pterocarpus lucens* or *Acacia senegal*. *Livest. Sci.* 117:192–202.
- Sauvant, D., J. M. Perez, and G. Tran. 2002. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. INRA, Paris, France.
- Sebsibe, A., N. H. Casey, W. A. van Niekerk, A. Tegegne, and R. J. Coertze. 2007. Growth performance and carcass characteristics of three Ethiopian goat breeds fed grainless diets varying in concentrate to roughage ratios. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 37:221–232.
- Sen, A. R., A. Santra, and S. A. Karim. 2004. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Sci.* 66:757–763.
- Shrestha, J. N. B., and M. H. Fahmy. 2007. Breeding goats for meat production. 3. Selection and breeding strategies. *Small Rumin. Res.* 67:113–125.
- Tsukahara, Y., Y. Chomei, K. Oishi, A. K. Kahi, J. M. Panandam, T. K. Mukherjee, and H. Hirooka. 2008. Analysis of growth pat

- terns in purebred Kambing Katjang goat and its crosses with the German Fawn. *Small Rumin. Res.* 80:8–15.
- Urge, M., R. C. Merkel, T. Sahlu, G. Animut, and A. L. Goetsch. 2004. Growth performance by Alpine, Angora, Boer and Spanish wether goats consuming 50 or 75% concentrate diets. *Small Rumin. Res.* 55:149–158.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597.
- Warmington, B. G., and A. H. Kirton. 1990. Genetic and nongenetic influences on growth and carcass traits of goats. *Small Rumin. Res.* 3:147–165.
- Webb, E. C., N. Casey, and L. Simela. 2005. Goat meat quality. *Small Rumin. Res.* 60:153–166.
- Wester, T. J., R. A. Britton, T. J. Klopfenstein, G. A. Ham, D. T. Hickok, and C. R. Krebsbach. 1995. Differential effects of plane of protein or energy nutrition on visceral organs and hormones in lambs. *J. Anim. Sci.* 73:1674–1688.
- Zemmelink, G., B. J. Tolkamp, and N. W. M. Oginik. 1991. Energy requirements for maintenance and gain of West African Dwarf goats. *Small Rumin. Res.* 5:205–215.

**5.3. PUBLICATION N°6: QUALITE DE VIANDE DES CAPRINS
CREOLES ELEVES SOUS DIFFERENTS NIVEAUX
D'ALIMENTATION**

Revue : Soumis à Journal of Animal Science (« companion paper » de article 4)

Année : 2009

Titre: Fatty acid composition of muscle and adipose tissues of indigenous Caribbean goats under varying nutritionnal densities. (*corrections de l'anglais avant soumission JAS*).

Auteurs : L. Liméa, G. Alexandre, V. Berthelot.

Conditions expérimentales :

Les conditions expérimentales ont été les mêmes que celles de la publication 4. Les 4 niveaux d'alimentation testées ont permis de décrire les compositions en acides gras dans 2 tissus gras (péri rénal et intermusculaire) et dans un muscle, le supra-épineux.

L'objectif de cette étude a été d'évaluer les effets du l'aliment sur le produit final qu'est la viande. L'étude a permis aussi de préciser l'intérêt diététique pour le consommateur de la viande de caprin créole en particulier.

Running title: Fatty acid composition of Creole goat meat

**Fatty acid composition of muscle and adipose tissues of indigenous Caribbean goats
under varying nutritional densities¹**

L. Liméa ^{*2}, G. Alexandre ^{*3} and V. Berthelot ^{§3}.

^{*} INRA, UR143, Recherches zootechniques, Centre Antilles-Guyane, F-97170, Petit-Bourg,
Guadeloupe, France ; [§] UMR INRA-AgroParisTech, Physiologie de la Nutrition et
Alimentation, 16 rue Claude Bernard, F-75005, Paris, France.

¹ The authors wish to thank O. Coppry, R. Arquet and F. Mounoussamy (INRA) for their technical assistance, as well as T. Etienne, S. Calif, G. Saminadin (INRA) and H. Albarello (INRA Agroparistech) for the laboratory analyses. This study was supported by the “Region Guadeloupe” and the “European Community” (FEODA).

² The first author is the PHD student that was in charge with all the field- and lab-measures, the constitution of the experimental data base and the literature reviewing.

³ These authors contributed equally to this study: G. Alexandre in the design of the experiment, growth and feeding measurements, and V. Berthelot in fatty acid determination, the data processing and manuscript redaction. The three authors contributed equally to enrich the discussion. Corresponding author for all mailing and administrative considerations: gisele.alexandre@antilles.inra.fr; corresponding author for scientific discussion: valerie.berthelot@agroparistech.fr.

ABSTRACT: Creole goats ($N = 32$) were used to assess the effects of a concentrate diet on the growth performances, carcass adiposity and fatty acid (FA) composition of muscle (*suprasinuous*), perirenal and intermuscular adipose tissues. Goats were fed a tropical green forage *ad libidum* with no concentrate (G0) or with one of the three levels of concentrate 140 (G100), 240 (G200), 340 g.d⁻¹ (G300), respectively. They were slaughtered according to the standard procedure at the commercial weight (22-24 kg BW). Goats fed the concentrate diets had higher ADG, cold carcass weights, omental, perirenal and intermuscular adipose tissues weights. With increasing intake of concentrate, C18:0, C18:1n-9, C18:2n-6 intakes increased whereas C18:3n-3 intakes were not affected. Increasing concentrate level increased the proportion of MUFA in adipose tissues, PUFA in muscle and had very little effects on SFA in tissues. One of the major modification of FA composition was an increase in n-6 PUFA proportions in all tissues with concentrate level and surprisingly a decrease in n-3 PUFA. Focusing on FA which are supposed to have beneficial or adverse effect on human health, concentrate supplementation did not increase any cholesterol raising SFA in meat, but lowered n-6/n-3 ratio below 4 when more than 240 g of concentrate was added in the diet.

Key words: adipose tissue, concentrate, fatty acids, goat, muscle, tropical forage

INTRODUCTION

In developed countries, ruminant meat fat is an unpopular constituent for consumers because of health-related problems associated with high-calorie intake and fatty acid (FA) profiles that do not adequately meet nutritional recommendations. Therefore the target in ruminant production is towards a leaner meat with decreased proportions of SFA, especially C14:0 and C16:0, and increased proportions of *cis*-MUFA and PUFA, especially long-chain PUFA of the n-3 series. Increasing evidence also suggests to minimize *trans*-MUFA and possibly to increase the proportions of CLA, especially the C18:2*cis*-9, *trans*-11 isomer (Aurousseau et al., 2004). Compared to other meats, goat meat seems to be more favourable than beef and lamb meats owing to their low fat content (Webb and O'Neill, 2008) and to their FA profile (Banskalieva et al., 2000).

Growth performance and FA profiles in muscles and adipose tissues are influenced by the genetic origin and feeding system. Compared to pasture-feeding system, feeding concentrate improves growth rate of fattening kids but also the fat storage and adiposity of the carcass because of higher energy intake (Ryan et al., 2007). This might be associated with alteration

in FA profile of muscle and fat due to the differences in the FA content and profile of ingredients. Despite high ruminal PUFA biohydrogenation, meat from forage-fed ruminant has higher n-3 PUFA content than concentrate-fed-ruminant due to the higher C18:3 content in forage compared to most concentrates (Ryan et al., 2007, Webb and O'Neill, 2008). However, the beneficial effect of forage feeding system on FA composition is not always so clear as muscle of range goat was richer in saturated fatty acid than goats fed grain-based diet (Rhee et al., 2000).

Local demand for Creole goat meat is high in the Caribbean area but its meat production is limited due to its medium size and low growth rate. Consequently, a general study was conducted on to test if efficiency of meat production might be improved by the feeding system (pasture vs. semi-intensive conditions). Growth performance and overall efficiency of kids in these different feeding systems are reported in Liméa et al. (2009a). However, data on FA composition of this meat are lacking. Thus, this study determines the effect of level of intake of concentrate on the FA composition of adipose tissues and muscle in Creole male kids reared under semi-intensive conditions and slaughtered at a fixed commercial live weight. The growth performances, carcass quality and non-carcass components were described in a companion paper (Liméa et al., 2009b).

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted on the Experimental Farm of the INRA Animal Production Research Unit in Guadeloupe and is fully described in Liméa et al. (2009b).

Experimental diets and animals

Thirty-two male indigenous Caribbean goats (9.0 ± 0.2 kg at 3 months old) among a total of 40 (Liméa et al., 2009b) were raised in individual pens and allocated to 4 groups according to their weight at weaning and their growth average during the suckling period. Each group received a different diet with increasing level of intake of concentrates. The first group (G0) was fed a basal diet composed exclusively of green tropical forage, *Digitaria decumbens*, *ad libitum* whereas the goats in the 3 others groups (G100, G200 and G300) received daily the same basal diet plus 140 g, 240 g or 340 g (as fed) of a commercial concentrate based mainly on maize (68 %), soybean cake (15 %) and wheat bran (11 %) respectively. The chemical and nutritional values of feed are presented in Liméa et al. (2009b).

Slaughtering procedure

Animals were slaughtered at a fixed live weight of 22-24 kg. They were weighed and fasted the day before slaughter. The omental fat (OM) was removed and weighed. Dressed carcasses were weighed within 1 h (hot carcass weight), and after chilling for 24 h at 4 °C (cold carcass weight). The perirenal fat (PR) was removed, weighed, sampled and frozen at -30°C. Samples of muscle (*supraspinous*, SE) and intermuscular (IM) adipose tissues of the shoulder were removed and were frozen at -30 °C until chemical analysis.

Chemical analysis

The DM of PR, IM and SE were determined after 48 h of freeze-drying. The lipid extract content of PR, IM and SE were determined by ether-petroleum extraction. The FA extraction was carried out according to the Rule method (1997), but using tricosanoic acid as an internal standard in the extraction solvent mixture. Lipid extraction and methylation were described by Bas et al. (2007). Samples were then injected with an auto sampler CP-8410 into a Varian CP-3900 gas liquid chromatograph (GLC, Varian, Les Ulis, France) on a DB-wax fused silica capillary column (60 mL x 0.25 mm i.d. x 0.25 mm film thickness: JW, Folsom, CA). For the GLC procedure, the split/splitless injector, type 1177, and the flame ionisation detector were held at 250 °C. The oven temperature was increased from 120 to 195 °C at 4 °C/min, and then held for 60 min at constant temperature. The injector was in splitless mode for 1.0 min and then in split mode until the end of the run with a split ratio of 30:1. The column flow rate was 1.2 mL/min of He. Fatty acids were identified from comparison to reference standards (Sigma, St. Louis, MO; Interchim, Montlucon, France) analyzed under similar conditions.

Calculations and statistical analysis

The FA were summed by families according to their structure: even straight-chain saturated FA, ESFA = C10:0 + C12:0 + C14:0 + C16:0 + C18:0 + C20:0 + C22:0 + C24:0; odd-numbered straight-chain FA, oddFA = C13:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1n-8 + C19:0 + C21:0; methyl-branched chain FA of the iso and anteiso forms, *iso* and *anteiso* FA = *iso*C14:0 + *iso*C15:0 + *anteiso*C15:0 + *iso*C16:0 + *iso*C17:0 + *anteiso*C17:0; straight-chain monounsaturated FA, MUFA = C14:1 + \sum C16:1 (n-9 and n-7) + \sum C18:1 (n-7, n-9, trans-10) + C17:1n-8 + C20:1 + C22:1 + C24:1; n-3 FA = C18:3n-3 + C20:3n-3 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3; n-6 FA = C18:2n-6 + C18:3n-6 + C20:2n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6; PUFA = n-3 FA + n-6 FA.

Differences in growth performance, carcass composition and FA composition of adipose tissues and muscle between the 4 diets were tested using the GLM procedure of SAS (SAS, 1989). The model used was as follows:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

where α_i = (G0, G100, G200, G300) experimental diets, j = 32 goats and μ = mean effect, ϵ_{ij} = error term distributed as $N(0, s^2)$. Significance was defined at $P \leq 0.05$. Means were separated using the Ryan-Einot-Gabriel-Welsch test (SAS, 1989).

RESULTS

Growth performance and carcass composition

Growth performance of the 40 goats are presented in Liméa et al. (2009b), whereas that of the 32 goats analysed for FA composition are presented in table 1. Total FA intake (Table 1) increased when level of concentrate increased. Compared to the all-forage diet (group G0), the C16:0, C18:0, C18:1n-9 and C18:2n-6 intakes increased ($P < 0.001$) when level of concentrate increased, whereas C18:3n-3 intake was not affected by dietary group. The fattening period of group G0 lasted 4 months more than G300 (400 vs. 275 days, respectively) to reach the slaughter weight between 22 and 24 kg. Compared to diet G0, ADG was higher in groups G100, G200 and G300. Compared to the all-forage diet, cold carcass weights were higher when concentrate level increased, with no difference between G100 and G200 groups. Weight of adipose depots (OM, PR and IM) was the heaviest for group D and the lowest for group G0. The SE muscle weight was the lowest for the group G0 and the highest for the group G300.

Changes in adipose tissue and muscle fatty acid proportions with diet

DM in PR was higher ($P < 0.05$) in goats fed G200 or G300 diets compared to those fed G0 or G100 diets (Table 2). DM in IM ranged from 58.2 to 67.7 % and was not affected by diets (Table 3) whereas DM decreased significantly with concentrate levels in SE (Table 4). Lipid content of IM, PR and SE was not affected by dietary treatments.

Compared to the all-forage diet, total ESFA or individual C14:0, C16:0 and C18:0 proportions were weakly affected in PR and SE muscle of the groups G200 and G300 (Table 2, 3, 4), whereas ESFA and C18:0 proportions decreased in IM adipose tissue of group G200. Total odd FA, C15:0, C17:0, and C19:0, as well as *iso*- and *anteiso*-FA proportions in PR, IM

and SE muscle decreased ($P < 0.001$) when concentrate level increased with no difference between G200 and G300 groups.

Compared to the all-forage diet, total MUFA proportions increased ($P < 0.01$) in PR and IM when concentrate level increased, with no difference between G200 and G300 groups. But total MUFA proportions were not affected by diets in SE muscle. Among MUFA, C16:1n-9, C17:1n-8, and C18:1n-7 proportions decreased in PR, IM and muscle, whereas C18:1n-9 proportions increased in IM and PR tissues when concentrate level increased. C18:1n-9 proportions were not affected by diets in SE muscle. The proportion of C16:1n-7 was weakly affected in IM or PR adipose tissues but it decreased in muscle (especially in group G100) when concentrate level increased. C18:1*trans*-10 was only detected in one SE, in 2 PR, and not in IM samples.

Compared to the all-forage diet, the proportions of total n-6 FA and C18:2n-6 increased ($P < 0.001$) in PR, IM and SE muscle when concentrate levels increased, whereas C18:3n-6 proportion decreased ($P < 0.001$) in all studied tissues without difference between G200 and G300 groups. C20:4n-6 proportion increased in IM and PR (numerically) and in SE muscle with no difference between G100, G200 and G300 groups. The proportions of C20:3n-6 and C22:4n-6 increased ($P < 0.001$) in the SE muscle but they decreased ($P < 0.001$) in the IM and PR (with no difference between G200 and G300 group) when concentrate level increased. Other n-6 were weakly affected by diet in the 3 tissues studied. Compared to the all-forage diet, C18:2*cis*-9, *trans*-11 proportions were slightly reduced in PR, IM and SE muscle when concentrate levels increased, with no difference between G100, G200, and G300 group (except in IM). C18:2*trans*-10, *cis*-12 proportion increased in SE muscle but it was weakly affected in the PR and IM.

Compared to the all-forage diet, total n-3 FA, C18:3n-3, C20:5n-3 and C22:5 n-3 proportions in PR, IM and muscle decreased when concentrate levels increased, but goats fed G200 or G300 diets did not differ. The C22:6n-3 proportion was not affected by experimental diet in any studied tissues. The n-6/n-3 ratio increased ($P < 0.001$) in PR, IM and in SE muscle when concentrate level increased.

DISCUSSION

Growth performance and carcass composition

The aim of this study was primarily to study growth performance, body composition and to establish the change in FA profile of different tissues from goat carcasses fed increasing levels of concentrate and slaughtered at a fixed commercial weight. Consequently, by design, goats fed increasing levels of concentrate had lower slaughter age as they exhibited higher growth rate due to higher daily energy intake: the daily Net Energy intake for growth increased from 120 MJ.d⁻¹ (group G0) to 250 MJ.d⁻¹ (group G300) and the ADG from 42 to 85 g.d⁻¹. In agreement with studies in local goats where the animals were slaughtered at fixed age (Atti et al., 2006; Ryan et al., 2007) or at a fixed body weight (Bas et al., 2005; Lee et al., 2008), feeding higher concentrate levels increased the carcass weight and/or the dressing percentage in our study (see companion paper, Limea et al., 2009b). This could be related to a higher muscle development associated with higher energy and protein intakes, as indicated by the higher weight of *supraspinous* muscle in the carcass of goats fed high concentrate level in our study and as observed in our previous study on Creole goat (Liméa et al., 2009a). Associated with the higher growth rate and energy intake, omental fat, intermuscular and perirenal weights were at least doubled between all-forage-fed goats and those fed the highest level of concentrate. Similar increase of body adiposity with higher concentrate levels were observed in goats slaughtered at fixed body weight (Bas et al. 2005) or at fixed age (Atti et al., 2006; Ryan et al., 2007), indicating that after partition of energy toward carcass muscle deposition, excess of dietary energy was channelled toward lipid deposition at least in adipose tissues. However, lipid proportion in muscle was not affected by level of concentrate as goat fed the all forage-diet had the highest lipid content in SE muscle, which confirms that lipid deposition in goat is mainly internal (Sahlu et al., 2004) as observed in the companion paper (Limea et al., 2009b). Our study demonstrates that in Creole goat breed, feeding high level of concentrate may greatly increase growth rate and muscle carcass development with a low body adiposity.

In the present paper, levels of FA intake were low compared to the lipid intakes (based on ether extract analysis) presented in the companion paper (Liméa et al., 2009b). This was due to the low FA content measured in the forage.

Overall FA composition of adipose tissues and muscle of Creole kids

In the present study, DM of the SE muscle was in agreement with data reported on muscles of goat fed different forage-based diet like hay (Lee et al., 2008), hay and concentrate (Maghoub et al., 2002), argan pulp (Bas et al., 2005) or grazing grass supplemented with concentrate (Werdi Pratiwi et al., 2007). Creole goats of our trial exhibited lipid content of the SE (11 to 13 % of DM) that were in the upper range of reported data, between 5 to 6 % of muscle DM reported by Werdi Pratiwi et al. (2007) and Lee et al. (2008), between 7 to 9 % reported by Bas et al. (2005) and Atti et al. (2006) whereas Maghoub et al. (2002) reported lipid content as high as 20 % of DM in goat around 20 kg BW. Such variations are related to in-between trial differences in age and breed of goat studied, as well as in feeding level and energy density of diets (Wood et al., 2008). Moreover, in-between muscle differences (mostly *Longissimus Dorsi* vs *Supraspinous* in the present trial) and difference in fat trimming procedures may also be responsible for these differences (Bas et al., 2005). In the present study, the DM and lipid content of PR were in the high range of what was already measured in goat (Banskalieva et al., 2000; Mahgoub et al., 2002; Bas et al., 2005; Werdi Pratiwi et al., 2007). To our knowledge, little data are available on IM to compare to our results.

The goats fed the all-forage diet had similar ESFA proportion in IM and PR adipose tissues (between 50 and 60 % of total FA) but below 40 % in SE muscle. These proportions are in agreement with data in goats fed argan pulp (Bas et al., 2005), but slightly lower than those of muscle and adipose tissues in goats fed concentrate and hay (Maghoub et al., 2002), fed browse-based diet (Ryan et al., 2007) or grazing grass and supplemented with concentrate (Werdi Pratiwi et al., 2007). In our study, C18:0 was the predominant FA in PR whereas in SE and IM C16:0 and C18:0 were in similar proportions. In goats fed concentrate and hay, C16:0 was higher than C18:0 in the muscle (Maghoub et al., 2002, Ryan et al., 2007; Werdi Pratiwi et al., 2007) but in similar proportion in kidney fat (Maghoub et al., 2002), whereas goats fed argan pulp had similar proportions of C16:0 and C18:0 in PR and muscle (Bas et al. 2005). In all studied tissues of the Creole goats and especially in the SE muscle, C14:0 proportion was low, and lower than most of the published value reported especially in the muscle (Maghoub et al., 2002; Bas et al., 2005; Atti et al., 2006; Werdi Pratiwi et al., 2004, 2007). Because C14:0 is currently considered as a FA particularly involved in cholesterol increase, meat from Creole goat seems of a high particular nutritional value.

In our Creole goats, proportions of FA from the n-3 series were classically higher in the muscle than in the adipose tissues, because muscle has higher phospholipids content than adipose tissues, and phospholipids are richer in FA from n-3 series than adipose tissues (Wood et al., 2008). The most represented FA in all studied tissues was 18:3n-3, but the most biological significant FA are C20:5n-3, C22:5n-3 and C22:6n-3 when dietary recommendations for human health are considered (Wood et al., 2008). From this point of view, total n-3 FA in muscle and PR were in the range observed in goat fed argan pulp (Bas et al., 2005), but lower than those observed in muscle of goats fed browse-diet (Ryan et al., 2007). Differences in n-3 FA proportion between these experiments may be related to differences in C18:3 content of experimental diets as well as in ruminal physico-chemical conditions that affect ruminal biohydrogenation of PUFA (Glasser et al., 2008). Data on C20:5n-3, C22:5n-3 and C22:6n-3 are scarce for goat muscle and adipose tissues (Lee et al., 2008).

The proportions of FA from the n-6 series in edible tissues are usually higher than those of n-3 series. Firstly, dietary C18:2n-6 undergoes lower biohydrogenation than dietary C18:3n-3 (Glasser et al., 2008), and secondly, it is deposited in muscle phospholipids at a high level where itself and its long chain products (C20:4n-6 and C22:4n-6) compete better than FA from n-3 series for insertion into phospholipids (Wood et al., 2008). Total n-6 FA, C20:4n-6 and C22:4n-6 proportions in muscle and PR of our Creole goats were lower than those reported by Bas et al. (2005), but in the range of those reported for C18:2n-6 in muscle and perirenal fat (Maghoub et al., 2002; Lee et al., 2008). As for n-3 FA, these results may be explained by differences in C18:2 content of the experimental diets and conditions of ruminal biohydrogenation.

Trans-FA in goat muscle or in adipose tissues have been scarcely reported in the literature, especially for the profile of trans-C18:1 FA. In our study, only C18:1*trans*-10 can be quantified using present chromatographic conditions and column, and C18:1*trans*-11 can not be separated from C18:1*cis*-11. Others positional isomers of C18:1*trans* FA in muscle or adipose tissues cannot be obtained because they are not well separated from each other. In these conditions, C18:1*trans*-10 was never detected in any muscle or in IM from goats fed the all-forage diet, and only one goat fed this diet exhibited a value above the threshold of sensibility of our method in the PR tissue. In goats fed the all-forage diet, these results are consistent with the fact that C18:1*trans*-10 mainly reflects changes in ruminal biohydrogenation process of FA associated with changes in pH and microbial populations

(Hartwood and Hazlewood, 1997; Jenkins et al., 2008) induced by feeding high-grain diets, for example in lambs (Bas et al., 2007). This is confirmed by the very low concentration of *trans*-10, *cis*-12 isomer of the CLA (0.01 to 0.03 in the muscle or in the adipose tissues) that is generally produced when high grain are fed. The proportions of C18:2*cis*-9, *trans*-11 were in the higher range of values reported in lambs (Bas et al., 2007).

The proportions of C18:1*n*-9 tended to be lower than in others studies on growing goats (Casey and Van Niekerk, 1985; Mahgoub et al., 2002; Dhanda et al., 2003; Werdi Pratiwi et al., 2004). The total odd FA plus iso and anteiso FA proportions ranged from 4.4 to 8.4 % of the total FA in all tissues with increasing levels in tissues (SE < IM < PR). These results are in the higher range of what is usually observed but agreed with results of Bas et al. (2005) in young Morocco goats in semi-intensive conditions.

Effect of increasing concentrates on FA composition of adipose tissues and muscle in Creole goats

In this experiment, increasing concentrate levels increased the DM of PR and led to higher DM in IM tissue with low changes in lipid content of these tissues. This could be due to a faster growth of adipocyte size for these younger goats at higher energy intake. Conversely, increasing concentrate level decreased slightly the DM and lipid content of SE, in contrast of numerous studies that reported higher DM and muscle fat content in goats (Dhanda et al., 1999; Bas et al., 2005; Lee et al., 2008), or in lambs (Bas et al., 2007) fed increasing levels of concentrate. Nevertheless, some studies also reported no changes in DM or in lipid content of muscle of goats fed different level of concentrate (Atti et al., 2006). The discrepancy between our study and others could be explained by the type of muscle studied (*longissimus dorsi* in most experiments vs *supraspinous* muscle in our study) but also by the lower age of the goats fed concentrate. For instance, Maghoub et al. (2002) and Werdi Partiwi et al. (2007) reported that DM or lipid content in adipose tissue or in muscle increased when growing goats get older (increased body weight).

Increasing concentrate level did not change the proportions of C14:0 and C16:0 in PR, IM and SE, which is important from a human health point of view because these FA and specially the myristic acid were associated with an increased risk of atherogenicity (Martin et al., 2001). Moreover the C18:0 and ESFA proportions were not altered in studied tissues except in IM with a maximal 2 % increase compared to the average proportion (60 %) observed in the G100 group over all other experimental groups. Therefore, in regards to ESFA health aspects, goat meat composed of IM and muscle tissues was not different between all-forage

fed goats and more intensively fed goats. Increasing concentrate levels lead to inconsistent results in the literature: ESFA, C14:0, C16:0 and C18:0 proportions were not affected by concentrate levels in the intramuscular lipids of goat (Atti et al., 2006; Lee et al., 2008), whereas these FA were deeply increased in muscle goat fed increasing percentage of concentrate (Ryan et al., 2007) or decreased in muscle of grain fed-goats compared to range-goats (Rhee et al., 2000). Moreover these FA could be differently affected according to tissue considered: Bas et al. (2005) reported weak changes in C14:0 and C16:0 but a decrease of C18:0 and ESFA proportions in muscle but not in PR tissues of goat fed argan pulp and increasing percentage of concentrate. Because part of the C16:0 and most of the C18:0 in adipose tissue and muscle arise from dietary FA, these differences mostly reflect between-experiment differences in intake level of FA, difference in PUFA intake as well as differences in ruminal biohydrogenation of the PUFA and transfer into considered tissues. Moreover, as generally no information is provided on the previous diet (preweaning) fed to animal, difference may also be linked to the nutritional past of the animal that determined part of the tissue composition. However, these data taken altogether suggest that feeding concentrate has low, if any effect, on saturated FA proportions in edible parts of goat meat.

The C15:0, C17:0 and C19:0 proportions as well as iso and anteiso FA proportions decreased with increasing concentrate level in all studied tissues, the PR being the most affected and SE being the less affected. These results are in agreement with a decrease in odd and methyl branched-chain FA proportions observed with increasing concentrate level in most of studies in goats (Bas et al., 2005, Lee et al., 2008) but not in all studies (Atti et al., 2006; Ryan et al., 2007). It probably reflects the decrease of microbial synthesis of FA in the rumen as these FA mainly originate from ruminal lipid microbial synthesis (Vlaeminck et al., 2006), especially when diets have a high NDF content (Bas et al., 2003). In regards to health aspects, the decrease in Odd FA can be considered as neutral as these FA are not known to have any effect on health.

The commercial concentrate used in the present experiment was rich in C18:2n-6 and as stated above, higher intakes in C18:2n-6 were observed in goat fed increasing concentrate levels. Despite extensive ruminal hydrogenation of C18:2n-6 in the rumen (on average 90 %, Glasser et al., 2008), the differences in the proportions of C18:2n-6 in the studied tissues reflected the changes in its dietary intake. Surprisingly, the C18:3n-3 intake was not different between groups. This is due to the quite low C18:3 forage content when analysed (1.1 g/kg DM) and to the only slight decrease of forage intake when concentrate was fed (maximum -50

g.d^{-1} which means -55mg of C18:3.d $^{-1}$) which was balanced by the C18:3 concentrate intake. Generally, goats fed grass pasture or forage had higher C18:3 n-3 proportions in fat depots and muscle than animals fed with diets based on concentrates, when these concentrates are poor in C18:3n-3 (Bas et al., 2005; Lee et al., 2008) but not when concentrate are rich in C18:3 (Bas et al., 2007), which reflected a positive relationship between intake of C18:3n-3 and its proportion in meat (Wood et al, 2008). In our study, goats fed the forage diet had slightly higher C18:3n-3 proportions in all studied tissues, despite a similar intake when compared to the concentrate fed-groups. Hypotheses can be proposed to explain this discrepancy, at the ruminal level or in the C18:3 n-3 partitioning into body tissues and especially adipose tissues level. It cannot be ruled out that ruminal biohydrogenation of C18:3n-3 (95% on average, Glasser et al., 2008) might have been lowered in the rumen of goats fed *Digitaria decumbens*, by a mechanism that remains to be elucidated. Assuming that duodenal flows of C18:3n-3 remained the same between groups, differences in C18:3 n-3 in adipose tissues between groups might have been diluted due to the increase in fatness in all adipose tissue samples associated with concentrate supply.

Changes in 18:3n-3 proportions were associated with similar changes in long chain-PUFA from the n-3 series (C20:3n-3, C20:5n-3 and C22:5n-3, but not for the C22:6n-3) in all studied tissues, as well as changes in C18:2n-6 proportions were associated with an increase in C20:4n-6 and C22:4n-6 in SE and PR adipose tissue but not in IM tissue. All these results are in line with previous results on long chain -PUFA in tissues of goats or lambs fed diets with increased C18:2/C18:3 intake (Aurousseau et al., 2004; Bas et al., 2005; Bas et al., 2007; Ryan et al., 2007; Lee et al., 2008). Therefore the n-6/n-3 ratio significantly increased in PR, IM and SE from G0 to G300 (from 2.49 to 6.55 in PR, from 2.32 to 5.77 in IM and from 2.01 to 6.93 in SE). In regards to the recommended n-6/n-3 ratio below 4 (Wood et al., 2008) or C18:2/C18:3 ratio below 5 (AFSSA, 2003) to improve nutritional value of meat, the most favourable meat based on the ratio in IM and SE was that produced from Creole goat fed 0 to 140 g of commercial concentrate.

The proportions of C18:2 cis -9, $trans$ -11 were higher in forage-goats than concentrate-goats. This agrees with results obtained on muscles of lambs fed grass or concentrate (Nuernberg et al., 2005; Aurousseau et al., 2007) or of steers fed increasing levels of concentrate in grass based-diet (French et al., 2000), that have been related to a decrease in

the C18:1*trans*-11 producing bacteria at similar C18:2n-6 intake (French et al., 2000). Indeed, factors that determine the amount of *cis*-9, *trans*-11 C18:2 in the tissues are the dietary intake of C18:2, the rumen conditions that may affect the growth and activity of C18:1*trans*-11 producing bacteria (butyriofibrisolvans; Klieve et al., 2003) and the delta-9 desaturase enzyme that desaturates C18:1*trans*-11 to C18:2*cis*-9, *trans*-11 C18:2 in the muscular and adipose tissues. However, C18:2n-6 increase in diet has also been shown to increase C18:2*cis*-9, *trans*-11 proportion in tissues (Beaulieu et al., 2002; Bas et al., 2007); consequently, an increase in C18:2*cis*-9, *trans*-11 proportion in tissues of goat could also have been expected in our study. This was not the case here, possibly because of the changes in fermentation patterns associated with high-concentrate diets or to the dilution of this FA in PR and IM higher lipid content. It has been shown that high-concentrate diets promotes the growth of the bacterial strain *Megasphaera elsdenii* with *cis*-9, *trans*-10 isomerase activity resulting in C18:1*trans*-10 production, at the expense of *Butyrivibrio fibrisolvans* with *cis*-9, *trans*-11 isomerase activity (Klieve et al., 2003) resulting in C18:1*trans*-11 production. However we failed to detect the C18:1*trans*-10 in most tissues except in very few goats in our study; this is also in agreement with the absence of variation of C18:2*trans*-10, *cis*-12 in all tissues with concentrate supplementation. More probably, limited C18:1*trans*-11 availability from ruminal fermentation to muscle and adipose tissues may have resulted in a lowered proportion of C18:2*cis*-9, *trans*-11 in these tissues in our study. Indeed, we observed a decreased in C18:1n-7 proportions in all tissues. However, due to the GC column used, we were unable to separate between *cis*-11 and *trans*-11 C18:1. As the C18:1n-7 corresponded to the sum of the C18:1*cis*-11 and C18:1*trans*-11, it is difficult to conclude which FA is involved in that variation. However, even though Faucitano et al. (2008) showed that increasing levels of concentrate increased the proportion of C18:1*cis*-11 in the muscle of steers, the greater variation of n-7 observed between groups might be due to the *trans*-11 isomer as in PR and muscle C18:1n-7 and C18:2*cis*-9, *trans*-11 were positively correlated (corr = 0.545 in PR and 0.732 in SE, P < 0.001). Consequently, limited availability of C18:1*trans*-11 may account for the reduced C18:2*cis*-9, *trans*-11 proportions in all studied tissues

The C18:1n-9 proportion in adipose tissues increased with increasing intake of concentrate, as the proportions of MUFA in these tissues. This result is in agreement with other studies (Rhee et al., 1997; Bas et al., 2005; Ryan et al., 2007; Faucitano et al., 2008). The C18:1n-9 in tissues originate partly from this FA intake not completely biohydrogenated in the rumen and

partly from de novo conversion of C18:0 by the delta-9 desaturase enzyme in tissues. In the present study, a significant increase in C18:1n-9 intake was observed with increasing levels of concentrate. ID 14 ($ID14 = C14:1cis-9 \times 100 / (C14:0 + C14:1cis-9)$), is known to be the best estimate of this enzyme activity. When calculating the delta9-desaturase activity proxy significant increases were observed with increasing intake of concentrate in PR (G0 : 0.52^a; G100: 0.51^a; G200: 0.63^{ab}; G300: 0.79^c; $p < 0.001$) and in IM (G0: 1.72^a; G100: 1.68^a; G200: 2.50^b; G300 : 2.44^b; $p < 0.06$). It therefore suggests that desaturase enzyme activity could be induced but not completely proportionally to levels of concentrate probably in response to an increase desaturase gene expression induced by insulin (Daniel et al., 2004) and down regulated by PUFA (Bas et al., 2005). However, contrary to adipose tissues, we failed to show any differences in the C18:1 n-9 proportion in muscle with increasing levels of concentrate. But significant increase of the ID14 proxy with level of concentrate was measured (G0 : 29.5^a, G100: 27.5^a, G200: 40.9^b, G300: 40.6^b, $P < 0.001$) in muscle.

In this study, the growth performance and FA composition of adipose tissues and muscle from male Creole goats were altered by feeding increasing level of concentrate, because of the differences in energy and FA intake, and possibly to the age of the animals slaughtered at a constant body weight. From a nutrition point of view, meat from Creole goat fed all-forage diet seems similar to that of other goat breeds fed similar diets. Increasing concentrate level increased the proportion of MUFA in adipose tissues, PUFA in muscle and had very little effects on ESFA in tissues. One of the major modifications of FA composition was the decrease in n-3 PUFA and increase in n-6 PUFA in all tissues with concentrate level. Focusing on FA which are supposed to have beneficial or adverse effect on human health, concentrate supplementation did not increase any cholesterol raising SFA in meat, but lowered n-6/n-3 ratio below 4 when more than 200 g of concentrate was added in the diet. Consequently, from a human nutritional point of view, it can be recommended to feed level of concentrate below 240 g/d.

LITERATURE CITED

- AFSSA, 2003. Acides gras de la famille oméga 3 et système cardiovasculaire : intérêt nutritionnel et allégations. <http://www.afssa.fr/documents/NUT-Ra-omega3.pdf>. Accessed Sept. 26, 2009.
- Atti, N., M. Mahouachi, and H. Rouissi. 2006. The effect of spineless cactus (*opuntia ficus-indica f. Inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. Meat Sci. 73:229-235.
- Aurousseau, B., D. Bauchart, E. Calichon, D. Micol, and A. Priolo. 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rate of growth on triglyceride and phospholipid and their fatty acids in the m. *Longissimus thoracis* of lambs. Meat Sci. 66:531-541.
- Aurousseau, B., D. Bauchart, A. L. Galot, S. Prache, D. Micol, and A. Priolo. 2007. Indoor fattening of lambs raised on pasture: 2. Influence of stall finishing duration on triglyceride and phospholipid fatty acids in the *Longissimus thoracis* muscle. Meat Sci. 76:417-427.
- Banskalieva, V., T. Sahlu, and A. L. Goetsch. 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: A review. Small Rumin. Res. 37:255-268.
- Bas, P., H. Archimede, A. Rouzeau, and D. Sauvant. 2003. Fatty acid composition of mixed-rumen bacteria: Effect of concentration and type of forage. J. Dairy Sci. 86:2940-2948.
- Bas, P., E. Dahbi, A. El Aich, P. Morand-Fehr, and A. Araba. 2005. Effect of feeding on fatty acid composition of muscles and adipose tissues in young goats raised in the argan tree forest of Morocco. Meat Sci. 71:317-326.
- Bas, P., V. Berthelot, E. Pottier, and J. Normand. 2007. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on *trans* fatty acids. Meat Sci. 77:678-688.
- Beaulieu, A. D., J. K. Drackley, and N. R. Merchen. 2002. Concentrations of conjugated linoleic acid (*cis*-9, *trans*-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. 2002. J. Anim. Sci. 80:847-861.
- Casey, N. H., and W. A. Van Niekerk. 1985. Fatty acid composition of subcutaneous and kidney fat depots of Boer goats and response to varying levels of maize meal. South African J. Anim. Sci. 15:60-62.

- Daniel, Z. C. T. R., R. J. Wynn, A. M. Salter, and P. J. Butterly. 2004. Differing effects of forage and concentrate diets on the oleic acid and conjugated linoleic acid content of sheep tissues: The role of stearoyl-CoA desaturase. *J. Anim. Sci.* 82:747-758.
- Dhanda, J. S., D. G. Taylor, and P. J. Murray. 2003. Part 2. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: Effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rumin. Res.* 50:67-74.
- Faucitano L., P. Y. Chouinard, J. Fortin, I. B. Mandell, C. Lafreniere, C. L. Girard, and R. Berthiaume. 2008. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. *J. Anim. Sci.* 86:1678-1689.
- French P., C. Stanton, F. Lawless, E. G. O'Riordan, F. J. Monahan, P. J. Caffrey, and A. P. Moloney. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* 78:2849-2855.
- Gerber, M., L. Razanamahefa, and P. Bougnoux. 2007. Trans fatty acids and cancers: AFSSA recommendations. *Eur. J. Lipid Sci. Techn.* 109:954-959.
- Glasser, F., P. Schmidely, D. Sauvant, and M. Doreau. 2008. Digestion of fatty acids in ruminants: a meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal.* 2:691-704.
- Harfoot, C. G. and G. P. Hazlewood. 1997. Lipid metabolism in the rumen. Pages 382-426 in: *The rumen microbial ecosystem* P. N. Hobson and C. S. Stewart (eds), Blackie Academic.
- Jenkins, T. C., R. J. Wallace, P. J. Moate, and E. E. Mosley. 2008 Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *J. Anim. Sci.* 86:397-412.
- Klieve, A. V., D. Hennessy, D. Ouwerkerk, R. J. Forster, R. I. Mackie, and G. T. Attwood. 2003. Establishing populations of *Megasphaera elsdenii* YE 34 and *Butyrivibrio fibrisolvens* YE 44 in the rumen of cattle fed high grain diets. *J. Appl. Microbiol.* 595:621–630.
- Lee J. H., B. Kouakou, and G. Kannan. 2008. Chemical composition and quality characteristics of chevon from goats fed three different post-weaning diets. *Small Rumin. Res.* 75:177–184.

- Liméa, L., J. Gobardham, G. Gravillon, A. Nepos, and G. Alexandre. 2009a. Growth and carcass traits of Creole goats under different pre-weaning, fattening and slaughter conditions. *Trop. Anim. Health Prod.* 41:61-70.
- Liméa, L., M. Boval, N. Mandonnet, G. Garcia, H. Archimède, and G. Alexandre. 2009b. Fattening performances, carcass quality and non-carcass components of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities. *J. Anim. Sci.* (doi:10.2527/jas.2009-1834).
- Mahgoub, O., A. J. Khan, R. S. Al Maqbaly, J. N. Al Sabahi, K. Annamalai, and N. M. Al Sakry. 2002. Fatty acid composition of muscle and fat tissues of Omani Jebel Akhdar goats of different sexes and weights. *Meat Sci.* 61:381-387.
- Martin, A. 2001. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. 3ème édition, AFSSA CNERNA-CNRS, Tec et documents Lavoisier (Ed), 605 pages
- Nuernberg, K., G. Nuernberg, K. Ender, D. Dannenberger, W. Schabbel, S. Grumbach, W. Zupp, and H. Steinhart. 2005. Effect of grass vs. concentrate feeding on the fatty acid profile of different fat depots in lambs. *Eur. J. Lipid Sci. Techn.* 107:737-745.
- Rhee, K. S., Y. A. Ziprin, C. E. Bishop, and D. F. Waldron. 1997. Composition and stability of goat meat patties as affected by breed type and feeding regimen. *J. Food Sci.* 62:949-962.
- Rhee, K. S., D. F. Waldron, Y. A. Ziprin, and K. C. Rhee. 2000. Fatty acid composition of goat diets vs intramuscular fat. *Meat Sci.* 54:313-318.
- Rule, D. C. 1997. Direct transesterification of total fatty acids of adipose tissue, and of freeze-dried muscle and liver with boron-trifluoride in methanol. *Meat Sci.* 46:23-32.
- Ryan, S. M., J. A. Unruh, M. E. Corrigan, J. S. Drouillard, and M. Seyfert. 2007. Effects of concentrate level on carcass traits of boer crossbred goats. *Small Rumin. Res.* 73:67-76.
- Sahlu, T., A. L. Goetsch, J. Luo, I. V. Nsahlai, J. E. Moore, M. L. Galyean, F. N. Owens, C. L. Ferrell, and Z. B. Johnson. 2004. Nutrient requirements of goats: developed equations, other considerations and future research to improve them. *Small Rumin. Res.* 53:191-192.
- SAS. 1989. SAS/ stat user's guide, SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Vlaeminck, B., V. Fievez, D. Demeyer, and R. J. Dewhurst. 2006. Effect of forage:concentrate ratio on fatty acid composition of rumen bacteria isolated from ruminal and duodenal digesta. *J. Dairy Sci.* 89:2668-2678.
- Webb, E. C., and H. A. O'Neill. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci.* 80:28-36.

- Werdi Pratiwi, N. M., P. J. Murray, and D. G. Taylor. 2007. Feral goats in Australia: A study on the quality and nutritional value of their meat. *Meat Sci.* 75:168-177.
- Werdi Pratiwi, N. M., P. J. Murray, and D. G. Taylor. 2004. The fatty acid composition of muscle and adipose tissues from entire and castrated male Boer goats raised in Australia. *Anim. Sci.* 79:221-229.
- Wood, J. D., M. Enser, A. V. Fisher, G. R. Nute, P. R. Sheard, R. I. Richardson, S. I. Hughes, and F. M. Whittington. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78: 343-358.

Table 1. Fatty acid intakes, performance and body adiposity of Creole goats fed diets containing 0 (G0), 140 (G100), 240 (G200), or 340 (G300) g of concentrate (n=8 per group).

Diet	G0	G100	G200	G300	SEM	P-Value
<i>FA intake, g.d⁻¹</i>						
C16:0	0.63 ^a	1.15 ^b	1.51 ^c	1.93 ^d	0.087	< 0.0001
C18:0	0.10 ^a	0.18 ^b	0.23 ^c	0.29 ^d	0.012	< 0.0001
C18:1 n-9	0.11 ^a	0.76 ^b	1.19 ^c	1.63 ^d	0.101	< 0.0001
C18:2 n-6	0.37 ^a	0.78 ^b	1.07 ^c	1.38 ^d	0.067	< 0.0001
C18:3 n-3	0.47	0.44	0.44	0.48	0.009	0.305
Total FA intake, g DM.d ⁻¹	1.70 ^a	3.31 ^b	4.44 ^c	5.72 ^d	0.270	<0.0001
ADG, g.d ⁻¹	42 ^a	61 ^b	74 ^c	85 ^d	11.0	< 0.0001
Age at slaughter, d	400 ^a	334 ^b	287 ^c	275 ^c	8.0	< 0.0001
LWS, kg	22.5	23.7	22.4	23.4	1.80	0.117
Cold carcass weight, kg	9.0 ^a	10.7 ^b	11.1 ^b	11.6 ^b	0.80	< 0.0001
Omental fat, g	190 ^a	225 ^b	319 ^c	454 ^d	106.0	0.0021
Perirenal fat, g	113 ^a	139 ^b	255 ^c	253 ^c	83.0	0.0046
Intermuscular fat, g	51 ^a	55 ^a	74 ^{ab}	91 ^b	4.4	0.0013
Supraspinous muscle, g	62 ^a	79 ^b	79 ^b	84 ^b	1.9	< 0.0001

^{a,b,c,d} Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

FA = fatty acids

LWS = Live weight at slaughter.

Table 2. Fatty acid composition of perirenal adipose tissue of Creole goats fed diets containing 0 (G0), 140 (G100), 240 (G200), or 340 (G300) g of concentrate (n=8 per group).

Diet	G0	G100	G200	G300	SEM	P-Value
DM, %	81.0	81.5	88.1	89.3	1.307	0.042
Lipid content, % DM	92.4	94.2	96.1	98.8	1.516	0.478
<i>FA composition, g/100g of FA</i>						
C14:0	2.48	2.54	2.65	2.81	0.061	0.520
C15:0	1.25 ^a	0.83 ^b	0.62 ^c	0.59 ^c	0.052	< 0.0001
C16:0	21.67	21.80	22.23	22.21	0.226	0.770
C17:0	2.34 ^a	1.87 ^b	1.64 ^c	1.58 ^c	0.056	< 0.0001
C18:0	34.96	37.12	35.08	34.80	0.407	0.142
C19:0	0.19 ^a	0.13 ^b	0.11 ^c	0.10 ^c	0.006	< 0.0001
C14:1	0.013 ^a	0.013 ^a	0.016 ^{ab}	0.023 ^b	0.001	0.0170
C16:1n-7	0.76	0.70	0.76	0.80	0.017	0.203
C16:1n-9	0.57 ^a	0.55 ^a	0.48 ^b	0.49 ^b	0.011	0.0030
C17:1n-8	0.45 ^a	0.33 ^b	0.34 ^b	0.32 ^b	0.012	< 0.0001
C18:1n-7	6.44 ^a	5.52 ^b	5.49 ^b	5.31 ^b	0.105	< 0.0001
C18:1n-9	16.44 ^a	17.87 ^a	19.74 ^b	20.37 ^b	0.376	< 0.0001
C18:1 <i>trans</i> -10	ND1	ND2	ND	ND	-	-
C18:2n-6	1.42 ^a	2.17 ^b	2.55 ^c	2.82 ^d	0.102	< 0.0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0.70 ^a	0.54 ^b	0.61 ^c	0.58 ^{bc}	0.015	0.0003
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0.011	0.010	0.014	0.013	0.001	0.388
C18:3n-6	0.47 ^a	0.24 ^b	0.14 ^b	0.14 ^b	0.033	< 0.0001
C18:3n-3	0.67 ^a	0.50 ^b	0.41 ^c	0.37 ^c	0.022	< 0.0001
C20:2n-6	0.039	0.039	0.038	0.038	0.001	0.956
C20:3n-3	0.022 ^a	0.017 ^b	0.010 ^b	0.010 ^b	0.001	< 0.0001
C20:3n-6	0.109 ^a	0.056 ^b	0.034 ^b	0.029 ^b	0.007	< 0.0001
C20:4n-6	0.059	0.063	0.071	0.073	0.003	0.286
C20:5n-3	0.031 ^a	0.014 ^b	0.012 ^b	0.011 ^b	0.002	< 0.0001
C22:4n-6	0.155 ^a	0.080 ^b	0.056 ^c	0.049 ^c	0.008	< 0.0001
C22:5n-3	0.159 ^a	0.126 ^b	0.088 ^c	0.079 ^c	0.009	0.0010
C22:6n-3	0.041	0.034	0.028	0.028	0.002	0.1000

ESFA	60.07 ^a	62.01 ^b	60.60 ^a	60.13 ^a	0.240	0.0080
MUFA	24.83 ^a	25.25 ^a	27.00 ^b	27.49 ^b	0.303	0.0008
PUFA	3.91	3.91	4.10	4.27	0.062	0.122
Odd FA	4.27 ^a	3.20 ^b	2.74 ^c	2.61 ^c	0.120	< 0.0001
<i>iso</i> and <i>anteiso</i> FA	4.11 ^a	3.31 ^b	2.81 ^c	2.85 ^c	0.109	< 0.0001
n-3 FA	0.92 ^a	0.69 ^b	0.55 ^c	0.50 ^c	0.033	< 0.0001
n-6 FA	2.27 ^a	2.66 ^b	2.92 ^{bc}	3.18 ^c	0.078	< 0.0001
n-6/n-3	2.49 ^a	3.85 ^b	5.38 ^c	6.55 ^d	0.300	< 0.0001

^{a,b,c,d} Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

FA = fatty acids.

ESFA = even straight-chain saturated fatty acids.

Odd FA = C13:0 + C15:0 + C17:0 + C17:1n-8 + C19:0 + C21:0

iso and *anteiso* FA = *iso*C14:0 + *iso*C15:0 + *anteiso*C15:0 + *iso*C16:0 + *iso*C17:0 + *anteiso*C17:0

n-6 FA = C18:2n-6 + C18:3n-6 + C20:2n-6 + C20:3n-6 + C20:4n-6 + C22:4n-6.

n-3 FA = C18:3n-3 +C20:3n-3 +C20:5n-3 +C22:5n-3 +C22:6n-3.

ND1 = Not Detected except one kid in group A value = 0.14 g/100g of FA.

ND2 = Not Detected except one kid in group B value = 0.30 g/100g of FA.

Table 3. Fatty acid composition of intermuscular adipose tissue (IM) of Creole goats fed diets containing 0 (G0), 140 (G100), 240 (G200), or 340 (G300) g of concentrate (n=8 per group).

Diet	G0	G100	G200	G300	SEM	P-Value
DM, %	58.2	65.4	67.7	66.7	2.323	0.483
Lipid content, % of DM	75.9	70.4	89.1	80.1	3.14	0.194
<i>FA composition, g/100g of FA</i>						
C14:0	2.91	3.22	3.60	3.17	0.120	0.249
C15:0	1.10 ^a	0.74 ^b	0.75 ^b	0.56 ^b	0.047	< 0.0001
C16:0	22.61	22.76	22.28	23.04	0.199	0.623
C17:0	2.02 ^a	1.61 ^b	1.46 ^c	1.39 ^c	0.048	< 0.0001
C18:0	27.31 ^a	27.05 ^a	21.63 ^b	24.35 ^{ab}	0.766	0.0200
C19:0	0.26 ^a	0.18 ^b	0.16 ^{bc}	0.14 ^c	0.010	< 0.0001
C14:1	0.050	0.056	0.077	0.146	0.015	0.084
C16:1n-7	1.27	1.21	1.64	1.47	0.065	0.069
C16:1n-9	0.54 ^a	0.51 ^a	0.44 ^b	0.45 ^b	0.011	0.0004
C17:1n-8	0.70	0.56	0.79	0.51	0.048	0.134
C18:1n-7	5.74 ^a	4.85 ^b	4.32 ^b	4.74 ^b	0.132	0.0002
C18:1n-9	24.51 ^a	27.05 ^{ab}	30.08 ^{bc}	32.16 ^c	0.759	0.0004
C18:1 <i>trans</i> -10	ND	ND	ND	ND	-	-
C18:2n-6	1.45 ^a	2.17 ^b	2.35 ^b	2.64 ^c	0.070	< 0.0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	1.06 ^a	0.82 ^b	1.02 ^a	0.89 ^b	0.026	0.0008
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0.020 ^{ab}	0.020 ^{ab}	0.022 ^a	0.019 ^c	0.001	0.096
C18:3n-6	0.59 ^a	0.26 ^b	0.20 ^c	0.16 ^c	0.031	< 0.0001
C18:3n-3	0.73 ^a	0.55 ^b	0.42 ^c	0.39 ^c	0.026	< 0.0001
C20:2n-6	0.035	0.038	0.038	0.039	0.001	0.818
C20:3n-3	0.023 ^a	0.015 ^b	0.015 ^c	0.016 ^c	0.001	< 0.0001
C20:3n-6	0.051 ^a	0.026 ^b	0.016 ^b	0.016 ^b	0.003	< 0.0001
C20:4n-6	0.065 ^a	0.086 ^b	0.096 ^b	0.086 ^b	0.003	0.0059
C20:5n-3	0.035 ^a	0.020 ^b	0.016 ^{bc}	0.013 ^c	0.002	< 0.0001
C22:4n-6	0.092 ^a	0.065 ^b	0.047 ^c	0.046 ^c	0.004	< 0.0001
C22:5n-3	0.17 ^a	0.15 ^a	0.10 ^b	0.09 ^b	0.008	0.0026
C22:6n-3	0.039	0.034	0.034	0.032	0.002	0.738

Odd FA	4.11 ^a	3.12 ^b	3.09 ^b	2.62 ^b	0.125	< 0.0001
<i>iso</i> and <i>anteiso</i> FA	3.51 ^a	2.65 ^b	2.31 ^c	2.43 ^{bc}	0.095	< 0.0001
ESFA	53.44 ^a	53.51 ^a	48.00 ^b	50.97 ^{ab}	0.687	0.072
MUFA	33.04 ^a	34.41 ^{ab}	39.62 ^c	37.46 ^{bc}	0.722	0.0017
PUFA	4.38	4.27	4.46	4.50	0.059	0.588
n-3 FA	0.99 ^a	0.76 ^b	0.58 ^c	0.54 ^c	0.035	< 0.0001
n-6 FA	2.30 ^a	2.68 ^b	2.82 ^{bc}	3.05 ^c	0.067	< 0.0001
n-6/n-3	2.32 ^a	3.51 ^b	4.76 ^c	5.77 ^d	0.250	< 0.0001

^{a,b,c,d} Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

For legend, see Table 2.

Table 4. Fatty acid composition of *supraspinous* muscle (SE) of Creole goats fed diets containing 0 (G0), 140 (G100), 240 (G200), or 340 (G300) g of concentrate (n=8 per group).

Diet	G0	G100	G200	G300	SEM ¹	P-Value
DM, %	25.1 ^a	23.4 ^b	23.5 ^b	23.6 ^b	0.157	< 0.0001
Lipid content, % of DM	12.6	11.4	10.7	10.7	0.333	0.134
<i>FA composition, g/100g of FA</i>						
C14:0	0.22 ^a	0.35 ^b	0.23 ^a	0.27 ^{ab}	0.019	0.0380
C15:0	0.60 ^a	0.40 ^b	0.35 ^{bc}	0.31 ^c	0.024	< 0.0001
C16:0	19.63	18.72	18.87	18.62	0.266	0.547
C17:0	1.34 ^a	1.05 ^b	1.00 ^{bc}	0.90 ^c	0.034	< 0.0001
C18:0	17.01	17.15	16.23	15.98	0.281	0.389
C19:0	0.22 ^a	0.15 ^b	0.12 ^c	0.11 ^c	0.008	< 0.0001
C20:0	0.14 ^a	0.12 ^a	0.08 ^b	0.09 ^b	0.006	0.00090
C14:1	0.09 ^a	0.16 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.19 ^b	0.016	0.120
C16:1n-7	1.61 ^a	1.34 ^b	1.45 ^{ab}	1.58 ^{ab}	0.038	0.0240
C16:1n-9	0.53 ^a	0.51 ^{ab}	0.48 ^b	0.48 ^b	0.007	0.0400
C17:1n-8	0.92 ^a	0.69 ^b	0.72 ^b	0.65 ^b	0.023	< 0.0001
C18:1n-7	4.04 ^a	3.41 ^b	3.21 ^b	3.21 ^b	0.061	< 0.0001
C18:1n-9	33.08	33.28	35.54	35.47	0.465	0.1000
C18:1 <i>trans</i> -10	ND	ND	ND	ND	-	-
C18:2n-6	4.19 ^a	7.00 ^b	6.89 ^b	7.71 ^b	0.309	< 0.0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	1.22 ^a	0.85 ^b	0.89 ^b	0.87 ^b	0.033	< 0.0001
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0.031 ^a	0.025 ^b	0.029 ^{ab}	0.031 ^a	0.001	0.0140
C18:3n-6	0.45 ^a	0.22 ^b	0.17 ^c	0.17 ^c	0.022	< 0.0001
C18:3n-3	1.50 ^a	1.08 ^b	0.72 ^c	0.67 ^c	0.063	< 0.0001
C20:2n-6	0.055	0.063	0.060	0.067	0.002	0.0740
C20:3n-3	0.040	0.069	0.029	0.026	0.008	0.2400
C20:3n-6	0.022 ^a	0.227 ^b	0.190 ^b	0.215 ^b	0.015	< 0.0001
C20:4n-6	1.04 ^a	1.72 ^b	1.56 ^b	1.77 ^b	0.069	0.0001
C20:5n-3	0.46 ^a	0.31 ^b	0.19 ^c	0.17 ^c	0.022	< 0.0001
C22:4n-6	0.07 ^a	0.13 ^b	0.14 ^b	0.17 ^c	0.007	< 0.0001
C22:5n-3	0.74 ^a	0.67 ^a	0.45 ^b	0.45 ^b	0.028	< 0.0001

C22:6n-3	0.18	0.16	0.15	0.15	0.006	0.118
ESFA	37.38	36.70	35.92	35.41	0.407	0.342
MUFA	40.42	39.55	41.00	41.64	0.433	0.212
PUFA	10.01 ^a	12.56 ^b	11.52 ^{ab}	12.23 ^b	0.329	0.012
<i>iso</i> and <i>anteiso</i> FA	2.86 ^a	2.59 ^{ab}	2.40 ^b	2.42 ^b	0.050	0.0009
odd FA	3.12 ^a	2.34 ^b	2.21 ^{bc}	2.00 ^c	0.081	<0.0001
n-3 FA	2.91 ^a	2.29 ^b	1.53 ^c	1.46 ^c	0.117	<0.0001
n-6 FA	5.86 ^a	9.39 ^b	9.06 ^b	10.16 ^b	0.381	<0.0001
n-6/n-3	2.01 ^a	4.12 ^b	5.93 ^c	6.93 ^d	0.349	<0.0001

^{a,b,c,d} Within a row, means without a common superscript differ ($P < 0.05$).

ND1= not detected except one kid in group C value = 0.17 g/100g.

For legend, see Table 2.

DISCUSSION GENERALE

6. DISCUSSION GENERALE

6.1. LES PRINCIPAUX ACQUIS

L'objectif de ce travail de thèse était de mesurer l'effet de différentes conduites d'élevage et d'alimentation sur le caprin Créo et plus particulièrement sur le produit fini, en l'occurrence la carcasse et par extension la viande. Les conditions expérimentales, la méthodologie, ainsi que les résultats induits par les différents facteurs testés, sont discutés dans cette partie du document..

6.1.1. La conduite des expérimentations

6.1.1.1. Les conditions expérimentales

Lors de la réalisation des dispositifs expérimentaux, deux conditions devaient être respectées pour assurer une meilleure interprétation statistique des données: le principe de la comparaison expérimentale (travail en contemporain) et la taille de l'échantillonnage (suffisamment grand).

En effet, l'étude des trois modes d'alimentation du dispositif expérimental n°1 a nécessité de travailler simultanément dans les trois systèmes pour que les animaux soient abattus au même âge. Ainsi, la programmation des mesures (sur le terrain et à l'abattoir) a requis une main d'œuvre conséquente et toute la logistique que cela implique dans une station expérimentale pluri espèces. De plus, pour avoir un nombre suffisant de données pour avoir des résultats statistiquement fiables, nous avons travaillé sur un effectif par sous-lot conséquent (13 en moyenne) ce qui a généré un effectif final élevé ($n = 246$ tout dispositif confondu). Il a fallu notamment prélever des animaux de bandes de naissance différentes afin d'atteindre le quota par lot et par traitement. Cependant, les règles de mise en lot équilibrée ont été respectées, les critères de choix étaient non seulement les poids de naissance, de sevrage, GMQ pré-sevrage des chevreaux mais aussi leur appartenance aux 12 familles existantes ainsi que le poids de leur mère. Par ailleurs, le nombre et la multiplicité des échantillons (fourrages, tissus animaux) étaient accrus et cela a nécessité la mise en place d'une gestion rigoureuse et le respect strict des règles de conservation (séchage des fourrages à l'étuve ventilée, lyophilisation ou congélation des tissus animaux).

La période d'adaptation préalable au protocole expérimental, a aidé à ajuster au mieux les quantités d'aliments proposés pour atteindre une capacité d'ingestion *ad libidum* de nos

chevreaux. En effet, sur la base de travaux antérieurs menés à l'URZ sur les facteurs affectant la qualité du fourrage comme l'âge de repousse du fourrage (Archimède et al., 2000), la fertilisation azotée (Boval et al., 2002), l'espèce fourragère (Assoumaya et al., 2007), nous nous sommes affranchis de ces effets en travaillant à âge de repousse, fertilisation et espèces fourragères fixes. En revanche, le choix et l'utilisation de l'aliment INRA01 n'a sans doute pas permis d'atteindre des niveaux très élevés d'ingestion de MS totale. Cet aliment est pourtant élaboré de façon à complémer les fourrages tropicaux avec une densité énergétique moyenne et un faible taux d'azote digestible dans l'intestin (PDIN) mais aussi selon les conditions de marché des matières premières. Dans nos conditions le fourrage distribué s'est avéré de valeur alimentaire correcte (Archimède et al., 2000) de 0.75 UFC/kg MS et 10.8 % de MAT comparativement à 1.15 UFC/kg MS et 21 % de l'aliment concentré.

6.1.1.2. Les méthodes employées

Toutes les méthodes analytiques utilisées au cours du travail de thèse sont des méthodes de référence depuis l'élevage, en passant par l'abattage, jusqu'à l'analyse physico-chimique des échantillons. Pour une meilleure conservation des échantillons, une majorité d'entre eux ont été lyophilisés afin de réduire le poids de l'échantillon et faciliter leur stockage tout en conservant leurs caractéristiques biochimiques.

Toutefois, des ajustements méthodologiques ont été nécessaires pour des raisons liées au budget alloué à l'étude, au matériel disponible, au stockage des échantillons, au type de traitement des échantillons, à la nature et/ou à la quantité d'échantillon. Ceci s'est avéré nécessaire pour les échantillons de tissus adipeux et musculaires qui présentaient une grande variabilité pondérale. Il faut noter qu'il s'agissait bien de réajustement de la méthode et non de modification car les coefficients de proportionnalités étaient respectés ainsi que les procédures. Prenons l'exemple du dosage du collagène total, où la prise d'essai était de 150 à 200 mg sur muscle broyé lyophilisé au lieu de 3g de muscle frais préconisés par la méthode de Bonnet and Kopp (1986). La mesure de la teneur en collagène insoluble après un traitement acide à chaud, et celle du collagène soluble par différence, a été réalisée dans un tampon isotonique Tris (hydrxyméthyl)-aminométhane-HCl 0,02M (pH 7,4) et NaCl 0,23M à 90°C pendant 3 heures. Après hydrolyse en milieu acide, l'hydroxyproline a été oxydée et le dérivé obtenu a formé avec le réactif d'Ehrlich (paradiméthylaminobenzaldéhyde), un composé coloré dosé par voie colorimétrique (à 558 nm dans ce cas). L'estimation en hydroxyproline des fractions soluble et insoluble a été décrite par Bonnet and Kopp (1986).

Toutefois, une dilution de nos aliquotes a été nécessaire en particulier dans les cas de variations en collagène des différents muscles (Valin, 1988). Il a fallu adapter la dilution à la teneur supposée en collagène du muscle étudié, de telle sorte que la teneur finale de l'Aliquote soit comprise entre 2 et 20 µg/ml.

En ce qui concerne les indicateurs de qualité, dans une démarche de préparation à la collecte des données, il a fallu déterminer des valeurs repères, comme cela a été le cas pour le pH ultime (pHu). Ainsi, un protocole préliminaire a permis le suivi de l'évolution du pH pendant 24 h sur 10 animaux de poids différents représentatifs de la variabilité de la population créole, pour observer l'installation de la *rigor mortis* et surtout pour encadrer nos valeurs de pHu (Figure 7). Le pHu du caprin Créo se situe aux alentours de 5.8-5.9 et est semblable aux autres données: 5.8-5.9 (Dhanda et al., 2003a), 5.7- 6.2 (Webb et al., 2005), et 5.6- 6.0 (Kadim et al., 2006). Néanmoins, avant de conclure sur ce résultat, il aurait fallu augmenter notre échantillonnage pour améliorer notre fiabilité statistique. De plus, le pHu est sous l'influence de nombreux facteurs (type génétique, du sexe, du site de mesure, des conditions de stress dont il faut tenir compte lors de l'interprétation).

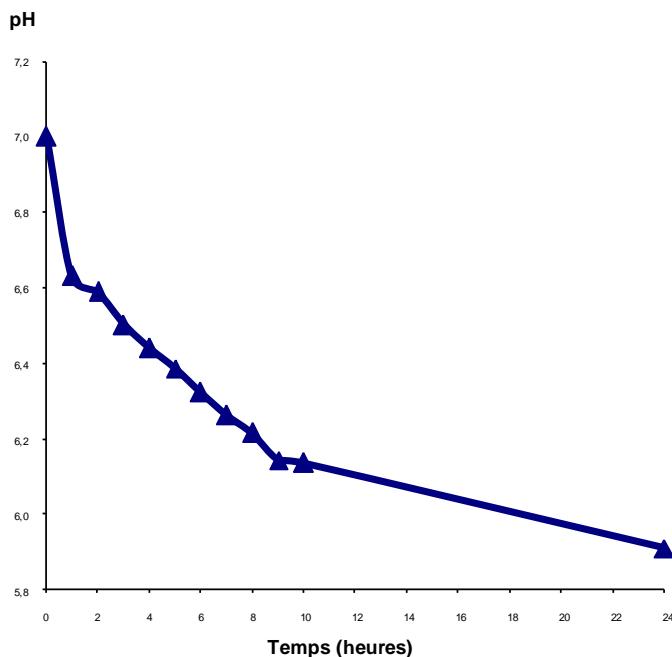


Figure 7 : Evolution moyenne du pH chez le caprin Créo. Sources : Liméa., 2009 (non publié).

6.1.2. Les paramètres de qualité et leurs variations

6.1.2.1. Les effets de l'aliment

Le poids et l'âge d'abattage, sont des variables difficiles à dissocier, tout facteur qui induit des différences de vitesse de croissance, interagit avec ces deux variables, puisque des durées d'engraissement différentes engendrent des poids d'abattage différents. De même que le poids fixe d'abattage engendre des âges différents.

La conduite alimentaire de l'animal tient une place prépondérante dans la mise en place des systèmes d'élevage (Morand-Fehr et al., 2007) et génère une variabilité importante des paramètres de la production de viande (Warmington and Kirton, 1990; Morand-Fehr, 2005). En effet, elle influence l'ingestion, la croissance, le développement, la composition du corps, mais aussi les qualités de la carcasse et la qualité de la viande.

a. Sur la qualité de carcasse

- Le rendement de carcasse, rendement en viande et la conformation

Chez les animaux complémentés, les poids et ainsi que les rendements de carcasse et en viande augmentent, comme reporté ailleurs avec d'autres génotypes (Oman et al., 1999 ; Mahgoub et al., 2005; Ryan et al., 2007). Toutefois, en comparant les groupes élevés à l'herbe aux groupes complémentés (dispositifs 1 et 2) bien que le rendement de carcasse soit inférieur pour les animaux à l'herbe (53-54 %, publication n°1), il est toutefois dans la moyenne comparée aux autres races tropicales dans les mêmes conditions (56 %, Tshabalala et al., 2003; 53-57 %, Kadim et al., 2004; 41-46 %, Mahgoub et al., 2005).

L'apport d'aliment concentré a amélioré la conformation et cela va de pair avec la prise de poids des zones corporelles de l'animal et avec l'élargissement des mensurations (Attah et al., 2004). Dans la composition tissulaire de la carcasse, le pourcentage en os diminue quand celui en muscles augmente. On observe ainsi une diminution de ce pourcentage avec l'apport graduel de concentré (Mushi et al., 2009).

- L'adiposité de la carcasse

L'état d'engraissement est modifié, les carcasses sont plus grasses. L'augmentation des dépôts adipeux sous l'effet de l'aliment concentré est une observation fréquemment reportée dans la littérature (Bas et al., 2005 ; Ryan et al., 2007). Le surplus de stockage sous forme de tissus gras suggère qu'une grande partie de l'énergie de la ration serait utilisée pour les dépôts adipeux, ce qui poserait le problème de l'efficacité de la ration. Toutefois, les quantités de

gras sont acceptables car la proportion représente que 5-7 % du poids vif vide (publications 3 et 5). De plus, physiologiquement, le caprin a cette aptitude à concentrer ses dépôts adipeux au niveau abdominal (Kempster, 1981). En conditions intensives comparativement aux conditions extensives, les évolutions pondérales des tissus adipeux (omental et péri rénal) sont les plus marquées (Bas et al., 2005). Cette capacité est à prendre en considération car au final la carcasse présente peu de gras externe et n'est pas dépréciée. Compte tenu des enjeux en santé humaine, où la quantité de gras visible sur la carcasse influence le choix des consommateurs Européens (Dransfield, 2008) qui préfèrent majoritairement un faible gras de couverture bien que ces critères de choix n'aient pas été déterminés auprès des consommateurs Antillais.

b. Sur la qualité de la viande

- La couleur, le PRE, le pHu

Les paramètres physico-chimiques de la couleur (L^* et b^*) ne sont pas affectés par l'apport croissant d'aliment concentré (publication n°5). Cette tendance a été observée par Lee et al. (2008b). Seul le a^* est influencé indirectement par l'aliment concentré, qui induit une croissance plus rapide et un animal abattu plus jeune (à poids fixe) avec un a^* plus faible. La perte d'eau à la cuisson qui varie en fonction du gradient d'alimentation, peut être influencée par la diminution du pHu avec l'apport croissant d'aliment concentré. L'humidité de la viande décroît avec l'augmentation du gras musculaire (Stankov et al., 2002).

- La teneur lipidique et la composition en AG

Les effets alimentaires sur les teneurs en AG sont perceptibles. Les AGS ne varient pas dans la viande (gras intermusculaire plus muscle) entre le régime herbe et le régime concentré, contrairement à la littérature où ils augmentent dans le muscle (Ryan et al., 2007).

Les faibles proportions de C14:0, C16 :0 et C18 :0 dans le muscle, comparées à la littérature (Wood et al., 2008), valorisent la qualité nutritionnelle de la viande du caprin créole, car généralement de fortes proportions sont observées dans les viandes de ruminants à cause de la lipolyse et la biohydrogénéation des graisses insaturées par le rumen (Sauvant and Bas, 2001). Ces AG sont fortement impliqués dans les fluctuations (augmentation) du cholestérol et par conséquent, sont associés au risque athérogène (Wolfarm, 2003).

Les AGPI, principalement le 18:2n6 et le 18:3n3, varient dans le muscle et pas dans les tissus adipeux contrairement aux monogastriques où c'est l'inverse (Kouba et al., 2003). Les proportions en C18:3n-3 et autres AG de la série n-3 d'intérêt biologique en santé humaine, comme le C20:4n-3, C20:5n-3, C22:5n-3 et C22:6n-3 (Wood et al., 2008) sont bien

représentés dans les tissus du caprin créole. Leurs proportions sont largement influencées par la quantité de C18:3 ingéré par l'aliment, majoritaire dans le fourrage (Morand-Fehr and Tran, 2001). De la même manière le C18:2, plus important dans l'aliment concentré, influence les proportions des AG de la série n-6 dans les tissus. Avec un plus fort taux d'insaturation du gras intramusculaire, la viande de caprin créole semblerait être plus appropriée d'un point de vue diététique que la viande de bœuf par exemple, grâce à un meilleur rapport entre AGS et AGI (Wood et al., 2008).

Par ailleurs, on retrouve dans les tissus de caprin Créo des acides linoléique conjugués (CLAs, isomères de l'acide linoléique, 18:2 *cis*-9, *cis*-12), qui sont dits bénéfiques pour la santé (anti cancérigène, anti athérogène et immuno-régulateur (Enser, 2001). La biohydrogénéation des lipides polyinsaturés donne l'acide stéarique 18:0, l'acide vaccénique (C18:1 *trans*-11) et des CLAs (Sauvant and Bas, 2001). Le CLA *cis*-9 *trans*-11 est le majoritaire des isomères CLAs (Aldai et al., 2005) et il diminue avec l'apport graduel de concentré (publication n°6).

Les AG *trans*, comme le CLA *trans*-10, *cis*-12, présents même en très faibles quantités dans les tissus, témoignent de l'activité de biohydrogénéation ruminale lors de l'ingestion d'un régime riche en céréales (Bas et al., 2005). De même, les proportions croissantes d'AG impairs et iso/anteiso AG avec l'apport d'aliment concentré attestent des changements au niveau du rumen (pH ruminal et population microbienne) et sont en adéquation avec la littérature (Bas et al., 2005). Toutefois, les AG *trans* du C18:1, bien que présents en petites quantités dans la viande de ruminants, sont hypercholestéromiants (Wolff et al., 1995).

Aussi, avec l'accroissement du niveau de concentré, il y a une utilisation effective et graduelle de l'énergie métabolisable de la ration pour l'accumulation de tissus gras abdominal, de muscles, et de gras intermusculaire dans l'épaule notamment. Le gras abdominal représente jusqu'à 54 fois d'énergie relativement aux rations à l'herbe.

Il n'a pas été observé d'effet alimentaire sur le pH ultime de la viande, ainsi que sur la perte en eau à la cuisson. Les paramètres colorimétriques (L^* et b^*) n'ont pas varié, seul le paramètre a^* de la rougeur était inférieur pour des régimes plus riches en concentré et serait plus en relation avec l'âge d'abattage (Ledward et al., 1992). Sur la carcasse broyée, uniquement la MS a varié significativement avec les niveaux d'alimentation. Les quantités de cendres, de lipides et de protéines brutes n'ont pas été affectées.

Ainsi, il a été possible de maîtriser les teneurs en AG dans les tissus par la nature et de la quantité de l'aliment ingéré, ce qui rajoute une plus-value nutritionnelle au produit final.

Même si ces modifications sont plus évidentes dans les tissus adipeux que dans le muscle, la biohydrogénéation ruminale est à l'origine de types d'AG non dénués d'intérêt : les CLAs (Aldai et al. 2005). Toutefois, la production de CLA induit par la nature des rations reste à préciser.

La richesse en lipides de la ration n'influence pas la qualité nutritionnelle de la viande de caprin créole (AGS invariables et C14:0 faible). Le rapport n-6/n-3 aux environs de 4 est obtenu pour le groupe intermédiaire à 240g de concentré par jour. Cette stratégie d'élevage peut faire l'objet d'une recommandation en production de viande (Wood et al., 2008), car il s'agit d'un bon compromis économique entre vitesse de croissance, qualité de carcasse et qualité de la viande.

6.1.2.2. Les effets du poids et de l'âge d'abattage

Le poids et l'âge d'abattage sont des variables difficiles à dissocier, tout facteur qui induit des différences de vitesse de croissance, interagit avec ces deux variables, puisque des durées d'engraissements différentes engendrent des poids d'abattage différents. De même que le poids fixe d'abattage engendre des âges différents.

a. Sur la qualité de la carcasse

- Le rendement de carcasse

L'augmentation du poids d'abattage améliore le rendement vrai de carcasse (Colomer-Rocher et al., 1992; Dhanda et al., 2003a). Toutefois, à même poids, ce rendement est de 56 % en moyenne et il est dans la gamme supérieure des valeurs rapportées pour les autres races tropicales (Mahgoub et al., 2005; Webb et al., 2005). Ainsi, le caprin Créo aurait de bonnes prédispositions pour la production de viande.

- Le rendement en viande

Les poids des morceaux de la carcasse augmentent avec le poids vif d'abattage et sont supérieurs à ceux du caprin Boer à même gamme de poids (Almeida et al., 2006). Toutefois, il est prudent de faire attention aux techniques de découpe des carcasses qui diffèrent selon les pays. Par ailleurs, le poids induit une augmentation des masses musculaires et il convient de raisonner sur les variables relatives telles que les proportions.

Nous avons noté lors de nos différents essais (publication n°2,4), les morceaux découpés (%) ont une distribution comparable à celle des races bien conformées (Dhanda et al., 1999b): cou (9-11 %), poitrine (12-13 %), côtes (21-26 %), épaule (18-20 %) et gigot (32-33 %). Aussi, Maghoub and Lu (1998) ont montré que chez les mâles le poids d'abattage, variant de 11 à 18kg, a amélioré les proportions des groupes musculaires intrinsèques au cou et au thorax. Les proportions de muscles dans l'épaule et dans le gigot sont améliorées avec le poids de carcasse (Oman et al., 2000).

- La conformation

Le poids vif augmente aussi les dimensions linéaires des carcasses, comme l'ont observé Fehr et al. (1976) sur chevreaux de boucherie et Attah et al. (2004) sur caprins tropicaux. Les épaisseurs des muscles et des dimensions du squelette influencent les notes de conformation (Oman et al. 1999). Les travaux de Laville et al. (2002) sur ovins, ont montré que les mesures linéaires expriment davantage le format ou la taille des animaux plutôt que la conformation et elles permettent d'expliquer et d'objectiver la conformation, tandis que la forme et le profil apparent de la musculature, visibles sur la face externe de la carcasse, sont révélateurs de sa musculature sous-jacente, de son importance relative et de sa compacité.

Notons de plus, que alors que l'évaluation de la conformation doit s'abstraire de la taille et du poids de la carcasse, nous avons observé lors du travail de stage d'Alexandre (2005) que sur un total de 168 animaux, la répétitivité et la reproductibilité des notes attribuées par plusieurs notateurs étaient influencées à 69 % et 53 % respectivement par la taille de l'animal.

- Adiposité de la carcasse

D'après les coefficients d'allométrie, le tissu gras omental se développe plus rapidement, suivi du gras mésentérique , péri rénal et enfin intermusculaire (Morand-Fehr et al., 1985). Dhanda et al. (1999b) ont également observé une augmentation de l'adiposité des carcasses avec l'âge, principalement de la proportion de gras intermusculaire. L'adiposité de la carcasse est influencée par le poids d'abattage. Les proportions de gras omental, périrénal, intermusculaire et sous cutanée augmentaient avec le poids d'abattage (Maghoub et al., 1998). Au même poids, le dépôt de gras intermusculaire est plus important que le dépôt de gras sous-cutané, ce qui indique que le caprin est un animal maigre par rapport au mouton par exemple (Sheridan et al., 2003 ; Sen et al., 2004).

b. Sur la qualité de la viande

- La couleur

Un âge d'abattage avancé induit une couleur plus rouge de la viande (mesure subjective), alors le paramètre physico chimique de la rougeur (a^*) ne varie pas avec l'âge. Ledward et al. (1992) explique cette coloration affirmée par une concentration accrue en pigments héminiques dans le muscle chez les animaux matures, qui se traduirait par une teinte (a^*) et une saturation (b^*) plus élevées par exemple chez le veau (Guignot et al., 1994). Nous observons une décroissance du L^* (paramètre de luminosité de la viande) avec l'âge. Or la variation de la luminosité est davantage liée à la variation du pHu (Guignot et al., 1994), qui était élevé dans nos études. Par ailleurs, cette décroissance du L^* devrait s'accompagner d'une décroissance du a^* (Klont et al., 1999). Face à ses observations nous ne pouvons que conclure sur une modification effective de la couleur avec l'âge. Toutefois, la question de l'âge d'abattage est à approfondir, surtout quant on sait que le consommateur local est très attaché à la couleur rouge de la viande et au goût prononcé de l'animal mature (Alexandre et al., 2008).

- Le PRE et le pHu

Le PRE (pouvoir de rétention de l'eau, inverse de la perte en eau) augmente avec l'âge (Stankov et al., 2002) tandis que le pHu ne varie pas. Toutefois, nous avons vu précédemment que le pH de la viande caprine avait tendance à être élevé (> 5.8). Avec l'âge, la viande du caprin créole rentrerait alors dans la catégorie des viandes DFD (pour Dark, Firm and Dry), qui apparaissent rouge foncé, dures et sèches. Différents facteurs peuvent expliquer ce pHu élevé : le déficit en glycogène du muscle que l'on peut associer au stress *ante mortem* de l'animal, et le type de muscle. Toutes nos mesures de pHu ont été réalisées sur le muscle long dorsal, muscle de référence en qualité de viande (Webb et al., 2005) car plus sensible aux variations de pH. Par ailleurs, nos déterminations sur la teneur en glycogène du muscle *post mortem* n'ont pas varié significativement avec l'âge. Il nous est donc difficile de mettre en relation le pHu élevé mesuré dans le long dorsal et la teneur en glycogène de muscle supra-épineux.

- La teneur en collagène

La solubilité du collagène (teneur en collagène soluble sur la quantité totale en collagène) diminue avec l'âge chez nos caprins créoles. Bien qu'il nous soit difficile de comparer ces résultats à la littérature (type de muscle, méthodologie, système unitaire et type de facteurs), nous pouvons quand même, par extrapolation comparer la tendance de nos résultats à ceux de Pratiwi et al. (2004) qui ont mesuré des forces de cisaillement à des poids d'abattage

différents et la force appliquée augmentait avec le poids d'abattage, ainsi la viande semblait moins tendre.

- La teneur lipidique

Sans surprise et en accord avec la littérature, la teneur totale en lipides (cholestérol et acides gras) de la carcasse et des tissus musculaires augmente avec l'âge (Madruga et al., 2001), comme l'état d'engrassement. Les variations avec l'âge des teneurs en AG saturés, insaturés et poly insaturés sont non significatives dans les tissus musculaires (Madruga et al., 2001). Les mêmes observations ont été faites par Pratiwi et al. (2007) sur des caprins entiers rustiques abattus à des poids différents. Les seules variations observées (AG mono insaturés, rapport n-3/n-6), peuvent être des effets croisés avec ceux de l'aliment. En effet, en système semi intensif, Sikora et al. (2007) ont observé chez les chevreaux une évolution du profil en AG du gras intramusculaire entre 90 et 180 j d'âge, principalement due à une augmentation des quantités de AGMI et une diminution des teneurs relatives en AGPI y compris les oméga-3 AGPI et les CLA.

6.1.3. Quoi de neuf dans la zootechnie du caprin Créo ?

6.1.3.1. Niveaux de performances et critères de qualités

Le potentiel boucher du caprin Créo apparaît indéniable et est révélé dès lors que les conditions d'alimentation sont améliorées ou que les poids d'abattage sont suffisants, il y a donc une marge de progrès possible pour augmenter la production de viande caprine aux Antilles françaises.

En effet, le GMQ des chevreaux complémentés représente le double des valeurs rapportées dans le système pâturé (Mahieu et al., 2008). La valeur de 85 g/j a été obtenue dans les deux essais (articles 3 et 5) et semblerait correspondre à un potentiel. Des valeurs plus élevées ont été rapportées (92 à 148 g/j) pour d'autres caprins tropicaux complémentés (Mahgoub and Lu, 1998; Dhanda et al., 2003; Almeida et al., 2006; Phengvichith et Ledin 2007). Cependant la croissance relative calculée comme le rapport du GMQ/poids de naissance atteint 4.5 % pour les boucs Creoles et sont très semblables à ceux des caprins Batina (4.1 % , Mahgoub et Lu 1998) ou les croisés Boer (4.3 %, Dhanda et al., 2003). Par ailleurs l'indice de consommation obtenu correspond aux valeurs de 5.8 à 9.6 reportées pour différents génotypes, aliments et âges de chevreaux (Sen et al., 2004, Almeida et al., 2006; Ryan et al., 2007).

Le rendement de carcasse (moyenne de 52 % pour le rendement commercial et de 60 % pour le rendement vrai) est une valeur élevée comparativement aux données de Mahgoub et al., (2005) Webb et al. (2005) ou Sen et al. (2007) obtenues dans des conditions similaires. La distribution des morceaux nobles de la découpe de carcasse est de 63 % quelque soit les facteurs de variation étudiés. La proportion de 30 % du gigot dans la carcasse varie dans le même ordre de grandeur que celle des animaux bien conformés (28 à 33 %) rapportés par Sen et al. (2004), Webb et al. (2005) et Ryan et al. (2007). Ces éléments devraient représenter des opportunités pour la filière et principalement les bouchers qui pourraient être en mesure de commercialiser correctement les carcasses.

La composition des tissus de l'épaule et du gigot des chevreaux Créoles fait apparaître des proportions de muscles élevés (71 à 75 %), comparativement aux données de la littérature (de 65 à 71 %, Tahir et al., 1994; Dhanda et al., 2003a). Les taux de gras intermusculaires sont faibles (2 à 7 %) comparés aux 10-13% reportés dans les papiers cités. Les différences des proportions de muscles et de gras pourraient venir aussi des proportions d'os calculés dans les autres races, c'est le cas des New-Zealand Saanen (Colomer-Rocher et al., 1992) qui ont 23 à 26 % d'os tandis que les Créoles ont seulement 21 à 22%. Aussi le rapport muscle/os de 3.3 à 3.6 en fonction du poids de carcasse place les caprins Créoles en bonne position comparée à la littérature (publication n°2, 4).

6.1.3.2. Possibilités de pilotage de la production de viande par l'alimentation

Les résultats montrent que les facteurs alimentaires sont importants pour le pilotage de la production de viande caprine. Le GMQ (42 - 49 g/j) observé pour le groupe alimenté à l'herbe était supérieur à celui rapporté par Alexandre et al. (1997) pour des chevreaux élevés au pâturage. Ceci pourrait s'expliquer par l'effet du parasitisme associé à ce mode d'élevage (Mandonnet et al., 2001; Mahieu et al., 2008) comparativement aux animaux placés en stabulation. Il conviendra d'en tenir compte quant aux conseils à prodiguer aux éleveurs pratiquant les systèmes pâturels.

Un potentiel de croissance de 85 g/j a été mesuré pour le Créo avec des rations mixtes. Cette croissance a été obtenue avec une ingestion de 78 g de MS par kg de poids métabolique et par jour. Cela correspondait à une densité énergétique moyenne de 3072 kcal EM par jour.

L'apport d'aliments complémentaires a été bénéfique pour une accélération de la croissance (180 à 200 % et conséutivement une réduction de la durée d'élevage). En plus de son action sur la croissance, l'apport de concentré a eu un effet significatif sur la masse corporelle (+ 15

à 41 %) et sur le poids de la carcasse (+ 10 %), et par extension sur la conformation (+ 24 % pour le gigot, + 28 % pour l'épaule, + 43 % sur le collier). A poids d'abattage identique, l'alimentation ne fait pas varier les poids des morceaux de la carcasse.

Un poids de carcasse dépend des critères des agents de la filière, de la politique de prix entre bouchers et consommateurs mais aussi des conséquences économiques des conduites d'élevage pour le producteur. Considérons un chevreau Créole mâle sevré à 80 jours à 9kg de PV issu d'un système allaitant performant (Mahieu et al., 2008); un poids de carcasse de 8 kg et une conformation moyenne de 3 (sur 5) peut être atteint en 260 jours si l'élevage se fait à l'herbe et en 120 jours si la ration est complémentée de 50 % de concentrés. Une carcasse de 10 kg, avec une conformation entre 3.5 et 4 pourrait être obtenue au bout de 330 ou 170 jours, respectivement.

Il est possible de faire la promotion de deux types de produits sur la base du génotype Créole, les chevreaux lourds en système semi-intensif et les ti-boucs (appellation créolisée) à l'herbe. Les règles de décisions en la matière devront prendre en considération les systèmes existants (objectifs de production et conditions d'élevage), les attentes des consommateurs (santé et gastronomie) et les spécificités du marché (formel et patrimonial) et devront s'appuyer sur des stratégies d'alimentation adaptées en recommandant l'emploi de ressources énergétiques et azotées locales.

6.2. LES PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS

Les critères de sélection des produits carnés par les consommateurs ont dépassé la simple couverture des besoins nutritionnels quantitatifs et qualitatifs (AFSSA, 2003). La prise de conscience des impératifs diététiques liés à une vie de plus en plus sédentaire a conduit à opter pour la consommation de viandes maigres. De plus, le choix des produits souvent s'oriente vers des produits de type «écologique». Cette image intègre les conditions d'élevage (alimentation et bien être) et le degré de pollution engendré par l'élevage. Nous positionnons les perspectives dans ce contexte. Compte tenu des nombreux facteurs impactant la qualité des carcasses et des viandes les perspectives s'inscrivent aussi dans l'approche globale des systèmes d'élevage. Elles concernent à la fois des questions de recherche (production de connaissances et méthodologie) et du transfert de connaissances vers la filière.

6.2.1. Les perspectives de recherche

6.2.1.1. Approfondir l'appréciation de la qualité des viandes

Les questions de recherche concernant sur les méthodes d'appréciation de la qualité de la viande doivent être efficaces mais aussi reproductive dans le temps. Dans ce cas l'analyse sensorielle est intéressante car en plus d'être objective (jury qualifié), elle permet aussi de décrire et quantifier les caractéristiques sensorielles des produits. En effet la prise en compte des perceptions des consommateurs est capitale pour bien promotionner un produit (Santos et al., 2007). Elle permettrait de mieux mettre en évidence l'effet du type d'alimentation sur les qualités organoleptiques des produits (Coulon and Priolo, 2002). Ce travail de recherche d'appui au développement a démarré en Martinique sur ovins (Regina et al., 2008) et sur bovins (Regina et al., 2009) dans un pays similaire au nôtre (territoire, société) et gagnerait à être mis en application pour nos viandes.

De plus, l'évolution de la qualité du produit est plus facilement perceptible dans le temps et l'analyse sensorielle pourra mettre l'influence des procédés technologiques (type d'alimentation) sur les qualités organoleptiques des produits.

L'approche du critère de tendreté de la viande par l'analyse du collagène total et insoluble, par une méthode analytique lourde et coûteuse, s'est avérée source de variation et est apparue peu fiable. En conséquence, la tendreté gagnerait à être évaluée sur des critères sensoriels comme chez les bovins (Oury et al., 2007) d'autant plus qu'une des critiques faites à l'encontre des caprins est sa moindre tendreté par rapport aux ovins par exemple (Webb et al., 2005).

Le pHu est un bon indicateur de la qualité de la viande car il permet de détecter les anomalies comme les carcasses DFD. En effet, le pHu est le reflet des réponses comportementales, physiologiques et métaboliques chez l'animal. Il s'agit d'un point de mesure à ne pas négliger en élevage caprin, car rappelons que c'est un animal sensible au stress (Simela et al., 2004). Le suivi de l'évolution de cette mesure permettra d'évaluer le niveau de stress de l'animal souvent consécutif à la période de pré-abattage, génératrice de stress d'origine physique (fatigue, faim, douleur, inconfort physique) et psychologique (peur, stress social). Aussi, le caractère DFD de la viande de caprin Crèole devra être étudié plus en avant.

Pour finir, des améliorations sont à apporter aux méthodes de laboratoire pour un gain de temps. Le développement de l'outil de prédiction par le SPIR est un exemple qui est appliqué pour d'autres viandes (Prieto et al., 2009) mais qu'il conviendra de calibrer dans nos conditions. Notre base de données constitue un bon point de départ dans ce sens.

a. Quelle alimentation : Herbe et /ou ration mixtes ?

L'une de nos conclusions est que des rations herbe seule et/ou rations mixtes, toutes deux, dans certaines conditions (durée d'engraissement et niveau nutritionnel) pouvaient conduire à des carcasses et de la viande de bonne qualité. Que faut-il donc choisir sachant que les conséquences ne sont pas les mêmes pour l'éleveur et le secteur agricole ? Le revenu global de l'éleveur est le produit de la marge sur la carcasse par le nombre de carcasses. La production à l'hectare n'étant pas la même en fonction du système d'alimentation, et la conduite des animaux en bâtiment entraînant des coûts supplémentaires, il est nécessaire de produire du référentiel scientifique, technique et économique pour éclairer les choix.

Par ailleurs, avec des rations 100 % herbe des résultats différents entre l'auge et pâturage ont été obtenus et qu'il convient d'approfondir. La diminution de croissance observée au pâturage a été rattachée au contexte parasitaire des animaux élevés au pâturage (Mandonnet et al., 1997) bien connu dans la zone tropicale. Les variations des paramètres de carcasses et de qualité qui ont été décrites dans une étude connexe à la thèse (Alexandre et al., 2009) laissent envisager l'effet du parasitisme sur le métabolisme hépatique mais surtout sur les caractéristiques d'une viande plus pale et d'un gras plus mou. C'est une problématique qui apparaît dans d'autres régions chaudes (Phengvichith and Ledin, 2007; Arsenos et al., 2009). Il convient de mener une étude plus complète étant donnée l'importance de ce mode d'élevage et des caractères de résistance aux strongyles inclus dans les schémas de sélection des caprins Créoles (De La Chevrotière et al., 2009).

Une autre question qui est soulevée pour l'élevage à l'herbe : peut-on encore améliorer la croissance à l'herbe en ayant notamment recours à d'autres types de fourrages dont les légumineuses ? Pour ce qui est du concentré, la question posée est celle des stratégies de complémentation pour la production de chevreaux lourds. En dehors des questions « sociétale » liées à l'utilisation du concentré pour l'alimentation des ruminants, la nature du concentré avec notamment son profil d'acides gras peut impacter sur la qualité diététique des viandes (Geay et al., 2002). En dehors du couple céréale-soja, certains aliments non conventionnels de par leurs compositions originales (Preston, 1995) pourraient être testées pour piloter la qualité des carcasses et des viandes. Dans le contexte local, l'étude des rations enrichies avec des produits locaux énergétiques, azotés, et/ou des sous-produits de l'agriculture, réalisée par exemple avec les ovins (Alexandre et al., 2008b) peut être une bonne alternative au remplacement des rations mixtes avec de l'aliment concentré.

b. Caprin créole et/ou race(s) exotique(s) ?

Bien que nous ayons mis en évidence un fort potentiel d'augmentation de la croissance et de l'alourdissement des carcasses du caprin Créo via l'alimentation, cela est possible aussi par la voie génétique (Shresta and Fahmy, 2007). L'intérêt de la comparaison des races sur les critères du potentiel boucher est donc posé. En effet, la question de la race Créo de petit format est récurrente dans la filière et l'élevage des races exotiques se développe aux Antilles (Boué et al., 2008; Alexandre et al., 2009).

Il existe peu de comparaisons objectives inter races (Dhanda et al., 2003a ; Shresta and Fahmy, 2007). Le plus souvent, aussi bien dans les travaux scientifiques que les avis d'éleveurs, les effets « race » sont confondus avec la gamme de conduites d'élevage et niveaux alimentaires qui leurs sont liés. La tendance est de valoriser des animaux de grand format tel que la Boer (voire même des races laitières). Les caprins Boer, originaires d'Afrique du Sud, se sont répandus dans de nombreux pays tropicaux et tempérés sur la base d'un fort potentiel en viande et un bon rendement en muscle. Cependant, les observations sur ces critères sont loin d'être concluantes d'après la revue de Warmington and Kirton (1990). Récemment encore, Almeida et al. (2006) ont démontré comment sous les conditions extensives, qui sont les conditions les plus fréquentes rencontrées sous les Tropiques, ces animaux ont des performances de production et de conformation de carcasses très réduites. Même dans sa zone d'origine en Afrique (Simela and Merkel, 2008), il est suggéré de considérer les génotypes locaux plus adaptés au milieu et plus intégré aux systèmes avant tout projet de croisement sur la base Boer. En revanche, des expériences rigoureuses récentes, conduites dans des contextes peu intensifs, ont conclu à la « supériorité » d'animaux rustiques souvent de petit format (revue de l'article 4).

D'autres investigations technico-économiques sont aussi nécessaires pour évaluer l'intérêt respectif de ces deux orientations (races exotiques versus locale), en précisant notamment les coûts additionnels liés à la mise en place d'un troupeau pur d'animaux exotiques (ou les coûts directs et indirects de l'importation de reproducteurs ou de semences), à la conduite de troupeau naisseur d'animaux exotiques dans le contexte alimentaire et pathologique local, et en prenant en compte l'efficacité biologique (capacité à transformer l'herbe en viande) aussi bien que les qualités de carcasse (dont la conformation et l'adiposité) et de viande.

Par ailleurs concernant la population créole nous avons mis en évidence une grande variabilité individuelle intra traitement. C'est un atout pour le programme d'amélioration génétique en cours dont l'une des originalités tient à la prise en compte de critères d'adaptation et de

productivité (De La Chevrotière et al., 2009). La base de données qu'a engendrée le travail de thèse pourrait permettre d'y intégrer la composante « qualité des carcasses et de la viande ».

6.2.1.2. .Les travaux d'accompagnement de la filière

a. Nécessaire transfert-vulgarisation

La production de viande locale est fortement soutenue par l'Interprofession IGUAVIE en Guadeloupe et AMIV en Martinique. Ces organisations économiques regroupent les producteurs, les abatteurs, les transformateurs, les importateurs et les distributeurs. Comme tous les acteurs du monde agricole, la filière viande doit faire face à l'amélioration de sa productivité, à la valorisation des sous-produits, à la réduction de la consommation d'énergie, en vue d'accroître sa compétitivité pour un meilleur positionnement sur le marché local et voire des marchés de plus grande d'envergure. Par ailleurs, l'élevage s'oriente vers le développement de productions à forte valeur ajoutée tout en diminuant le poids des intrants et le monde agricole doit s'adapter en étudiant notamment la possibilité de diversification et de valorisation des productions traditionnelles.

Pour la filière, dans le contexte local, les retombées scientifiques de la thèse sont essentiellement de la vulgarisation scientifique. Les échanges entre les différents partenaires de la recherche et de l'élevage permettront de définir des programmes de recherche-développement, et si besoin, de formation qui répondent aux besoins de la filière. Deux axes particuliers sont soulignés ici.

b. Système d'élevage et certification ?

La viande caprine Créole peut faire l'objet d'une valorisation par la qualité basée sur des marques collectives, des certifications de conformité, ou enfin des labels (CRC, 2000). La qualification du système régional de production est un argument commun aux différentes démarches de certification de la qualité (revue de Lambert-Derkimba, 2007). Par exemple, le mode de production à base d'herbe (pâturée ou récoltée) du caprin créole est un argumentaire important. D'autres exemples sont promus dans d'autres zones en production de viande de chevreaux de lait (Santos et al., 2007) ou encore d'ovins (viande rouge plus proche, Sanudo et al., 2007). Dans tous les cas, l'accroche au territoire est un élément fort et est un moyen de dynamiser un projet génétique de races locales (Lambert-Derkimba, 2007). De plus, ces démarches assurent la traçabilité de l'abattage à l'éleveur d'origine. La certification peut porter

sur la race qui garantit l'origine géographique (Verrier et al., 2005) et elle peut porter sur la qualité nutritionnelle (teneur en oméga 3 par exemple). Dans ces trois cas, les résultats du travail de thèse constituent une base non négligeable de l'argumentaire vers une certification (Navès et al., 2009). et les professionnels locaux y sont très attachés (IGUAVIE, AMIV, UPRA-Créole). D'autres travaux, dont la traçabilité de la viande créole à l'herbe pourraient se développer dans cette optique.

c. Conditions et performances d'abattage du caprin créole : standardiser et évaluer

▪ Stratégies d'abattage

Le poids de carcasse de référence dépend d'une multitude de critères résultant de compromis économiques entre les différents agents de la filière (Fraysse and Darré, 1990). Nos travaux ont montré que plusieurs scénarii d'alimentation pouvaient conduire à un même poids d'abattage. Nos résultats en l'état ne permettent pas de choisir entre ces scénarii. Pour cela, il convient de réaliser les calculs technico-économiques, liés à l'élevage en bâtiments, la production et la fauche de l'herbe, l'achat et distribution d'aliments concentrés et l'accès à un marché rétribué sur la base de critères de conformation et engrangement.

Parmi les scénarii d'alimentation, deux grandes tendances sont apparues en système «Créole» (cf. perspectives sur intérêt du Créo vs. autres races) : la production de chevreaux lourds en système intensif et la production de «ti-boucs» (appellation créolisée) à l'herbe. Il conviendrait d'avoir un regard particulier sur la stratégie 'tout' herbe pâturée versus auge. Des différences de performances ont été relevées et devront être étudiées plus en avant (cf. perspectives de recherche). L'auge peut permettre de réduire des pathologies (*Haemonchus*) mais en augmente d'autres (coccidies), le coût des traitements vétérinaires n'est pas le même ni l'image auprès des consommateurs. L'analyse économique s'impose donc là aussi.

▪ Quelle grille d'évaluation ?

Dans la pratique, pour les bouchers, la conformation est un critère important (Fraysse and Darré, 1990) pour établir la qualité et les prix des carcasses. Cependant, la filière organisée ne s'appuie pas encore sur des éléments factuels et sur un outil commun. Dans notre étude, pour noter la conformation, il a fallu appliquer la grille de notation des agneaux légers aux caprins créoles (Alexandre R., 2005). Il conviendra de standardiser et de préciser cet outil de notation (Alexandre et al., 2009). Il faudra aussi former des notateurs et/ou développer les techniques d'analyse d'images sur les chaines d'abattages. La base de données issues de la thèse contient

des mensurations linéaires des carcasses, des poids de morceaux et de tissus disséqués; par ailleurs des photos de carcasses en vue dorsale et latérale ont été prises et peuvent faire l'objet d'une valorisation ultérieure. Tous ces éléments permettront à terme de mieux décrire les carcasses et de fournir les gammes de variation de leurs principaux paramètres de qualité. Ces derniers seront valables non seulement pour les filières de viande caprine des DFA mais aussi dans le monde tropical qui manque de données en la matière (Simela and Merkel 2008; Sahlu et al., 2009).

CONCLUSION

7. CONCLUSION

Le projet de thèse a été défini dans le cadre du projet d'unité de l'URZ à l'intersection de deux thèmes de recherche : la génétique du caprin Créo et les systèmes d'élevage. Le projet a été mis en place dans la suite logique des travaux antérieurs sur la zootechnie du caprin Créo. Toutefois, il a totalement initié le sujet sur la viande, dont le champ reste vaste et multidirectionnel. Aussi, le cadrage du questionnement scientifique s'est révélé difficile et a, de ce fait, constitué une étape à part entière du travail de thèse. Par ailleurs, il a fallu soit des adaptations méthodologiques préalables (modes d'engraissement en stabulation, appréciation des carcasses, analyses chimiques des tissus animaux) ou encore des étapes préliminaires de description des variables qui devaient être soumises à l'étude (performances de croissance post-sevrage, caractéristiques de carcasses).

Les objectifs de la thèse étaient à la fois d'apporter des connaissances sur le potentiel boucher et les qualités de la viande du cabri Créo; de déterminer les principales conditions d'élevage et d'abattage qui influencent ces paramètres et plus particulièrement d'étudier les effets du système d'alimentation. Nos travaux ont apporté des réponses aux différentes questions tout en faisant émerger un pan entier de questionnements scientifiques et techniques liés à la problématique de la qualité de la viande des races locales intégrées dans leur(s) système(s) d'élevage.

Le principal résultat de la thèse est qu'il est possible d'améliorer la vitesse de croissance, la conformation des carcasses et la qualité la viande du caprin créole au moyen de l'alimentation. L'alimentation à base d'herbe seule (fauchée ou pâturée) et les rations mixtes herbe-concentré permettent potentiellement d'obtenir des carcasses de qualité assez similaires avec des durées d'engraissement variables. A l'intérieur des régimes de type herbe, le pâturage et l'auge ne conduisait pas aux mêmes résultats.

En matière de qualité de la viande, il a été mis en évidence que comme chez tous les caprins, la viande créole demeurait relativement maigre même avec des régimes riches en énergie du fait de l'accumulation interne du gras. En ce qui concerne les autres caractéristiques des viandes, tels que les profils d'AG et les niveaux de pH, ils sont similaires à ceux de nombreuses races.

En dehors des résultats acquis, le projet de thèse a permis de générer une importante base de données pouvant être valorisée à différentes fins. Il est possible via la prise en compte de filiation génétique d'initier une analyse de la variabilité génétique des critères de conformation et de qualité des viandes.

Les retombées du travail sont potentiellement importantes. Des bases sont jetées pour la promotion d'itinéraires techniques et de choix génétiques adaptés au contexte ainsi que pour la création d'une niche économique autour d'une viande de cabris labélisée.

En dehors des acquis scientifiques le projet de thèse a permis de développer une démarche multidisciplinaire, du fait même de la nature plurielle du concept de qualité(s), ainsi que de l'étendue de l'étude (de l'aliment du bétail à l'aliment pour l'homme ; de l'animal vivant à la carcasse) et du fait même de la multiplicité des questions abordées. Le travail a été basé sur la détermination de nombreuses variables de nature diverse, elles mêmes imbriquées et réagissant aux effets de nombreux facteurs de variation, eux mêmes en interrelation. Il a mobilisé plusieurs champs disciplinaires : physiologie (de la croissance-développement, du muscle et autres tissus), biochimie (collagène, glycogène, profil d'acides gras), technologie (de la carcasse, du muscle) et bien entendu toutes les sciences rattachées à la zootechnie (nutrition, génétique, pathologie, ...).

Le travail a aussi été original dans le questionnement scientifique. En effet, les hypothèses du travail étaient non seulement ancrées dans le questionnement des agents de la filière, qui posaient le problème du faible potentiel boucher du caprin local, mais elles étaient aussi reliées aux attentes des consommateurs en matière de sécurité alimentaire. Sachant par ailleurs que le débat de fond reste celui de la poursuite d'objectifs de durabilité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

8. REFERENCES PAR ORDRE ALPHABETIQUE

- Abdullah, A.Y., Musallam, H.S., 2007. Effect of different levels of energy on carcass composition and meat quality of male black goats kids. *Livest. Sci.*, 107, 70-80.
- Abouelkaram, S., Berge, P., Hocquette, J. F., Culoli, J., Listrat, A., 2002. Image analysis study of the relationship between total collagen content and distribution of the perimysial connective network in a bovine muscle. 9th Meat Science and Technology Symposium, Clermont Ferrand, France, pp 163-167.
- AFNOR, Agence Française de Normalisation. <http://www.afnor.fr/>
- AFSSA, 2003. Acides gras de la famille des oméga 3 et système cardiovasculaire: intérêt nutritionnel et allégations. 54pp. www.afssa.fr.
- Agreste, 2009. Bimagri, HS N°22, janvier 2009. Agreste.agriculture.gouv.fr.
- Alexandre, G., Aumont, G., Fleury, J., Coppry, O., Mulciba, A., Nepos, A., 1997a. Production semi-intensive au pâturage de caprins à viande en zone tropicale humide: le cas des cabris Créoles sur Pangola (*Digitaria decumbens*) en Guadeloupe. *INRA Prod. Anim.* 10, 43-53.
- Alexandre, G., Aumont, G., Fleury, J., Mainaud, J.C., Kandassamy, T., 1997b. Zootechnical performances of Creole goats in Guadeloupe (French West Indies). A twenty-year survey in an experimental farm. *Prod. Anim.*, 10, 7-20.
- Alexandre, G., Aumont, G., Mainaud, J.C., Fleury, J., Naves, M., 1999. Productive performances of Guadeloupean Creole goats during the suckling period. *Small Rum. Res.*, 34, 155-160.
- Alexandre, G., Asselin de Beauville, S., Bienville, Y., Shitalou, E., 2002. La chèvre multifonctionnelle dans la société antillaise. *Ethnozootechnie*, 70, 35-52.
- Alexandre, G. and Mandonnet, N., 2005. Goat meat production in harsh environments. *Small Rum. Res.*, 60, 53-66.
- Alexandre, G., Beauville, S.A.d., Shitalou, E., Zebus, M.F., 2008a. An overview of the goat meat sector in Guadeloupe: conditions of production, consumer preferences, cultural functions and economic implications. *Livest. Res. Rural Dev.*, 20, 20014.
- Alexandre, G., Leimbacher, F., Maurice, O., Domarin, D., Navès, M., Mandonnet, N. 2008b. Goat farming systems in Martinique: management and breeding strategies. *Trop. Anim. Health Prod.*, 41, 635-644
- Alexandre, G., Leimbacher, F., Maurice, O., Domarin, D., Naves, M., Mandonnet, N., 2009. Goat farming systems in Martinique: management and breeding strategies. *Trop. Anim. Health Prod.*, 41, 635-644.
- Alexandre R., Analyse de la variabilité des carcasses de caprins créoles de Guadeloupe en vue d'une étude de la conformation, 2005. DESS production animales en régions chaudes, Université de Montpellier II.
- Aldai, N., Murray, B.E., Najera, A.I., Troy, D.J., Osoro,K., 2005. Review: Derivation of fatty acids and its application for conjugated linoleic acid studies in ruminant meat lipids. *J. Sci. Food Agric.*, 85, 1073-1083.
- Almeida, A.M., Schwalbach, L.M., De Waal, H.O., Greyling, J.P.C., Cardoso, L.A., 2006. The effect of supplementation on productive performances of Boer goat bucks fed winter veld hay. *Trop. Agri. Health Prod.*, 38, 443-449.
- Amin, M. R., Husain, S. S., Islam, A. B. M. M., 2000. Evaluation of Black Bengal goats and their cross with the Jamunapari breed for carcass characteristics. *Small Rum. Res.*, 38, 211-215.

- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis, 16th edition. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Archimède, H., Boval, M., Alexandre, G., Xande, A., Aumont, G., Poncet, C., 2000. Effect of regrowth age on intake and digestion of *Digitaria decumbens* consumed by Black-belly sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 87, 153-162.
- Arsenos G., Fortomaris P., Papadopoulos E., Sotiraki S., Stamataris C., Zygogiannis D. 2009. Growth and meat quality of kids of indigenous Greek goats (*Capra prisca*) as influenced by dietary protein and gastrointestinal nematode challenge. *Meat Sci.*, 82, 317-323.
- Ashes, J.R., Thompson, R.H., Gulati, S.K., Brown, G.H., Scott, T.W., Rich, A.C., Rich, J.C., 1993. A Comparison of Fatty-Acid Profiles and Carcass Characteristics of Feedlot Steers Fed Canola Seed and Sunflower Seed Meal Supplements Protected from Metabolism in the Rumen. *Aust. J. Agric. Res.*, 44, 1103-1112.
- Assoumaya, C., Boval, M., Weisbecker, J. L., Saminadin, C., Archimède, H., 2007. Limits of exogenous fibrolytic enzymes to improve digestion and intake of a tropical grass. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 20 (6), 914-919.
- Assoumaya, C., Sauvant, D., Pommier, F., Boval, M., Calif, B., Archimède, H., 2009. Effect of Frequency of Meals on Intake and Digestion of Tropical Grass Consumed by Rams. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 22, 72-81.
- Attah, S., Okubanjo, A.O., Omojola, A.B., Adesehinwa, A.O.K., 2004. Body and carcass linear measurements of goats slaughtered at different weights. *Livest. Res. Rural Dev.*, 16, 16062.
- Atti, N., Mahouachi, M., Rouissi, H., 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. *Meat Sci.*, 73, 229-235.
- Augustini, C., Branscheid, W., Holtz, W., 1999. Studies on the quality of carcasses and meat of Boer goats. *Fleischwirtschaft*, 79, 82-85.
- Bambou, J. C., Arquet, R., Archimedé, H., Alexandre, G., Mandonnet, N., Gonzalez-Garcia, E., 2009. Intake and digestibility of naive kids differing in genetic resistance and experimentally parasitized (indoors) with *Haemonchus contortus* in two successive challenges. *J. Anim. Sci.*, 87, 7, 2367-2375.
- Banskalieva, V., Sahlu, T., Goetsch, A.L., 2000. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. *Small Rum. Res.*, 37, 255-268.
- Bas, P., Dahbi, E., El Aich, A., Morand-Fehr, P., Araba, A., 2005. Effect of feeding on fatty acid composition of muscles and adipose tissues in young goats raised in the Argan tree forest of Morocco. *Meat Sci.*, 71, 317-326.
- Bauchart, C., Rémond, D., Chambon, C., Patureau Mirand, P., Savary-Auzeloux, I., Reynès, C., Morzel, M., 2006. Small peptides (<5 kDa) found in ready-to-eat beef meat. *Meat Sci.*, 74, 658-666.
- Bayard, C.C. and Wolff, R.L., 1996. Analysis of trans-18:1 isomer content and profile in edible refined beef tallow. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73, 531-533.
- Bayraktaroglu, E.A., Akman, N., Tuncel, E., 1988. Effects of early castration on slaughter and carcass characteristics in crossbred Saanen×Kilis goats. *Small Rum. Res.*, 1, 189-194.
- Ben Salem, H., Priolo, A., Morand-Fehr, P., 2008. Shrubby vegetation and agro-industrial by-products as alternative feed resources for sheep and goats: Effects on digestion, performance and product quality. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 147 (1-3), 1-2.
- Biesalski, H.K., 2005. Meat as a component of a healthy diet - are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Sci.*, 70, 509-524.

- Boccard, R., Dumont, B.L., 1976. Croissance, engrissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux. In: INRA, ITOVIC (Eds.), 2nd Journées de la Recherche Ovine Capine, pp. 44-78.
- Bonneau M., Touraille C., Pardon P., Lebas F., Fauconneau B., Remignon H. 1996. Amélioration de la qualité des carcasses et des viandes. INRA Prod. Anim., n°spécial, 95-110.
- Bonnet, M., Kopp, J., 1986. Dosage du collagène dans les tissus conjonctifs, la viande et les produits carnés. Viandes Produits & Carnés, 7, 263-266.
- Boval, M., Cruz, P., Ledet, J. E., Coppry, O., Archimède, H., 2002. Effect of nitrogen on intake and digestibility of a tropical grass grazed by Creole heifers. J. Agri. Sci., 138, 73-84.
- Boval, M., Archimedé, H., Cruz, P., Duru, M., 2007. Intake and digestibility in heifers grazing a *Dichanthium* spp. dominated pasture, at 14 and 28 days of regrowth. Anim. Feed Sci. Technol., 134 (1-2), 18-31.
- Boyazoglu, J., Hatziminaoglou, I., Morand-Fehr, P., 2005. The role of the goat in society: Past, present and perspectives for the future. Small Rum. Res., 60, 13-23.
- Bown, M.D., Poppi, D.P., Sykes, A.R., 1991. The effect of post ruminal infusion of protein or energy on the pathophysiology of *Trichostrongylus colubriformis* infection and body composition in lambs. Aust. J. Agric. 42, 253-267.
- Cameron, M.R., Hart, S.P., Sahlu, T., Gilchrist, C., Coleman, S.W., Goetsch, A.L., 2001a. Effects of gender and age on performance and harvest traits of Boer x Spanish goats. J. Appl. Anim. Res., 20, 141-155.
- Cameron, M.R., Luo, J., Sahlu, T., Hart, S.P., Coleman, S.W., Goetsch, A.L., 2001b. Growth and slaughter traits of Boer x Spanish, Boer x Angora, and Spanish goats consuming a concentrate-based diet. J. Anim. Sci. 79, 1423-1430.
- Cañeque, V., Pérez, C., Velasco, S., Díaz, M. T., Lauzurica, S., Álvarez, I., Ruiz de Huidobro, F., Onega, E., De la Fuente, J., 2004. Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. Meat Sci., 67(4), 595-605.
- Casey, N.H., Van Niekerk, W.A., Webb, E.C., 2003. Goat meat. In: Caballero, B., Trugo, L., Finglass, P. (Eds.), Encyclopaedia of Food Sciences and Nutrition. Academic Press, London, pp. 2937-2944.
- CEE, 2007. Règlement (CEE) N° 2137/92 du Conseil du 23 Juillet 1992 relatif à la grille communautaire de classement des carcasses d'ovins et à la qualité type communautaire des carcasses d'ovins fraîches ou réfrigérées et prorogeant le règlement (CEE) n°338/91. Amendé le 20/12/2006. Document consolidé 1992R2137-FR-01.01.2007-003.001., pp. 1-8.
- CEE, 2005. Règlement (CE) N° 2529/2001 du Conseil du 19 Décembre 2001 portant organisation commune des marchés dans le secteur des viandes ovine et caprine. Amendé lors du Conseil du 23 novembre 2005. Règlement (CE) n°1913/2005. Document consolidé 2001R2529 - FR - 02.12.2005 - 003.001. pp. 1-15.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, W.M., 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. J. Food Compos. Anal., 5, 185-197.
- CIE (Ed.), 1986. Colorimetry. CIE Publ. N° 15.2. 2nd ed. Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna, Austria.
- Cochran, R. C., and Galyean, M. L. 1994. Measurement of in vivo forage digestion by ruminants: Forage quality, evaluation, and utilization, pp 613-643.
- Colomer-Rocher, F., Morand-Fehr, P., and Kirton, A.H., 1987. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. Livest. Prod. Sci., 17, 149-159.

- Colomer-Rocher, F., Kirton, A.H., Mercer, G.J.K., Duganzich, D.M., 1992. Carcass composition of New Zealand Saanen goats slaughtered at different weights. *Small Rum. Res.*, 7, 161-173.
- Coulon J-B. and Priolo A., 2002. La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Prod. Anim.*, 15, 333-342.
- CRC-Consommation, 2000. Signes de qualité des produits alimentaires. <http://www.crc-conso.com>. Document de travail du Centre Régional de la Consommation, pp 21
- De La Chevrotière C., Bambou J.-C., Arquet R., Jaquot M., Mandonnet N. 2009. La sélection génétique pour la maîtrise des strongyloses : cas particulier de la chèvre Crème de Guadeloupe. *Renc. Rech. Rum.*, La Villette 2-3, Décembre, 2009 (sous presse).
- Delorgeril, M., Renaud, S., Mamelle, N., Salen, P., Martin, J.L., Monjaud, I., Guidollet, J., Touboul, P., Delaye, J., 1994. Mediterranean Alpha-Linolenic Acid-Rich Diet in Secondary Prevention of Coronary Heart-Disease. *Lancet*, 343, 1454-1459.
- Demeyer, D., Doreau, M., 1999. Targets and procedures for altering ruminant milk and meat lipids. *Proc. Nutr. Soc.*, 58, 593-607.
- Denoyelle, C., 1995. Evolution de la saveur de la viande bovine en fonction de la teneur en lipides intramusculaires. *Viandes & produits carnés*, 16, 89-92.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., McCosker, J.E., Murray, P.J., 1999a. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 1. Growth and carcass characteristics. *Meat Sci.*, 52, 355-361.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., McCosker, J.E., Murray, P.J., 1999b. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses. 3. Dissected carcass composition. *Meat Sci.*, 52, 369-374.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., 2003a. Part 1. Growth, carcass and meat quality parameters of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rum. Res.*, 50, 57-66.
- Dhanda, J.S., Taylor, D.G., Murray, P.J., 2003b. Part 2. Carcass composition and fatty acid profiles of adipose tissue of male goats: effects of genotype and liveweight at slaughter. *Small Rum. Res.*, 50, 67-74.
- Diaz, M.T., Velasco, S., Caneque, V., Lauzurica, S., Huidobro, F.R., Perez, C., Gonzalez, J., Manzanares, C., 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Rum. Res.*, 43, 257-268.
- Doreau, M., Chenost, M., Vivier, M., Grude, A., 1980. Fattening of Young Friesian Bulls in Guadeloupe (French West-Indies) - Comparative Use of Diets Rich in Bran or Cereals. *Revue D'Elevage Et De Médecine Vétérinaire Des Pays Tropicaux*, 33, 65-70.
- Dransfield, E., 2008. The taste of fat. *Meat Sci.*, 80, 37-42.
- Dubuc, F., 2007. Une mauvaise année pour la filière agricole. In: Antiane (Ed.), Guadeloupe, pp. 14-15.
- El Aich, A. and Waterhouse A., 1999. Small ruminants in environmental conservation. *Small Rum. Res.*, 34, 271-287.
- Earnshaw, W. C., Martins, L. M., Kaufmann, S.H., 1999. Mammalian caspases: Structure, Activation, Substrates, and Functions During Apoptosis. *Annual Review of Biochemistry*, 68 (1), 383-424.
- Enser, M., Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Hallett, K., Wood, J.D., 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated Linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Anim. Sci.*, 69, 143-146.
- FAO, 2006. L'insécurité alimentaire dans le monde- Eradiquer la faim dans le monde. Bilan 10 ans après le Sommet mondial de l'alimentation.

- FAO. 2007. Subregional report on animal genetic resources: the Caribbean. Annex to The State of the World's. Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome. pp 28.
- Farmer L.J., Mottram D.S., Whitfield F.B., 1989. Volatils compounds produced in maillard reactions involving cysteine, ribose and phospholipid. *J. Sci. Food Agric.*, 49, 347-368.
- Faulconnier Y., Bonnet M., Bocquier F., Leroux C., Hocquette J.-F., Martin P., Chilliard Y., 1999. Régulation du métabolisme lipidique des tissus adipeux et musculaires chez le ruminant. Effets du niveau alimentaire et de la photopériode. *INRA Prod. Anim.*, 12, 287-300.
- Favier J.C., Ireland-Ripert J., Toque C., Feinberg M., 1995. Répertoire Général des Aliments. Tables de composition, INRA éditions, 1995, 879 p.
- Fehr, P.M., Sauvant, D., Dumont, B.L., 1976. Croissance et qualité des carcasses des chevreaux de boucherie. 2èmes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Croissance, engrasement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux. INRA-ITOVIC, pp. 166-189.
- Ferguson, D.M., Daly, B.L., Gardner, G.E., Tume, R.K., 2008a. Effect of glycogen concentration and form on the response to electrical stimulation and rate of post-mortem glycolysis in ovine muscle. *Meat Sci.*, 78, 202-210.
- Ferguson, D. M. and Warner, R. D, 2008b. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci.*, 80, 12-19.
- Flachowsky, G., Richter, G.H., Wendemuth, M., Mockel, P., Graf, H., Jahreis, G., Lubbe, F., 1994. Influence of Rape Seed in Beef-Cattle Feeding on Fatty-Acid Composition, Vitamin-E Concentration and Oxidative Stability of Body-Fat. *Z. Ernahrungswiss.*, 33, 277-285.
- Fraysse, J.L. and Darré, A., 1990. Produire des viandes - Sur quelles bases économiques et biologiques? Techniques & documentation. Collection Agriculture d'Aujourd'hui, sciences, techniques, applications. Lavoisier., Paris.
- Gallo, C., Le Breton, Y., Wainwright, I., Berkhoff, M., 1996. Body and carcass composition of male and female Criollo goats in the South of Chile. *Small Ruminant Res.* 23, 163-169.
- Gandemer, G., 1997. Lipides du muscle et qualité de la viande. Phospholipides et flaveur. *Ocl-Oleagineux Corps Gras Lipides*, 4, 7-25, 19-25
- Geay, Y. and Renand, G., 1994. Importance de la variabilité génétique et du mode d'élevage des bovins sur les caractéristiques musculaires et les qualités organoleptiques de leurs viandes. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 177-182.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., Culoli, J., 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. Dev.*, 41, 1-26.
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., Culoli, J., 2002. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod. Anim.*, 15, 37-52.
- Gerber, M., Razanamahefa, L., Bougnoux, P., 2007. Trans fatty acids and cancers: AFSSA recommendations. *European J. Lipid Sci.Tech.*, 109 (9), 954-959.
- Gipson, T. A., Goetsch, A. L., Detweiler, G., Sahlu, T., 2007. Effects of feeding method, diet nutritive value and physical form and genotype on feed intake, feeding behavior and growth performance by meat goats. *Small Rum. Res.*, 71 (1-3), 170-178.
- Glasser, F., Ferlay, A., Doreau, M., Schmidely, P., Sauvant, D., Chilliard, Y., 2008, Long-chain fatty acid metabolism in dairy cows: a meta-analysis of milk fatty acid yield in relation to duodenal flows and de novo synthesis. *J. Dairy Sci.*, 91, (7), 2771-2785.

- Grajales Lagunes A. and Gros, J.-B., 1999. Thèse: Interactions mécaniques entre les fibres de collagène et les fibres musculaires dans la viande au cours du chauffage. Université de Clermont-Ferrand 2, Clermont-Ferrand, France, p. 128.
- Grundy, S.M., 1987. Monosaturated fatty acids, plasma, cholesterol and coronary heart disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 45, 1168.
- Guignot, Florence, Touraille, C., Ouali, A., Renerre, M., Monin, G., 1994. Relationships between post-mortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. *Meat Sci.*, 37(3), 315-325.
- Haddad, S.G. and Husein, M.Q., 2004. Effect of dietary energy density on growth performance and slaughtering characteristics of fattening Awassi lambs. *Livest. Prod. Sci.*, 87.
- Haddad, S.G., 2005. Effect of dietary forage:concentrate ratio on growth performance and carcass characteristics of growing Baladi kids. *Small Rum. Res.*, 57, 43-49.
- Hailu Dadi, Tatek Woldu, Tesfaye Lema, 2005. Comparison of carcass characteristics of Borana and Arsi-Bale goats under different durations of feedlot management. *Livestock Res. Rur. Develop.*, 17, (12), 137.
- Hammond, J., 1932. Growth and development of mutton qualities in the sheep. Oliver and Boyd, Edinburg.
- Hango, A., Mtenga, L. A., Kifaro, G. C., Safari, J., Mushi, D. E., Muhikambele, V. R. M., 2007. A study on growth performance and carcass characteristics of Small East African goats under different feeding regimes. *Livestock Res. Rur. Develop.*, 19, (9), 130.
- Hocquette J.-F., Ortigues-Marty I., Damon M., Herpin P., Geay Y., 2000. Métabolisme énergétique des muscles squelettiques chez les animaux producteurs de viande. INRA Prod. Anim., 13, 185-200.
- Hocquette, J.F., Micol, D., Renand, G., 2001. Quelle production pour quelle qualité : que maîtrisons-nous ? , Commission des Recherches Bovines (INRA): "Quelle viande bovine demain?" Nouan le Fuzelier (41) - France.
- Hopkins, D.L., Fogarty, N.M., Menzies, P.I., 1997. Differences in composition, muscularity, muscle:bone ratio and cut dimensions between six lambs genotypes. *Meat Sci.* 45, 439-450.
- Hoste, H., Torres-Acosta, J.F., Paolini, V., Aguilar-Caballero, A., Etter, E., Lefrileux, Y., Chartier, C., Broqua, C., 2005. Interactions between nutrition and gastrointestinal infections with parasitic nematodes in goats. *Small Rum. Res.* 60, 141-151.
- INRA, 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Editions QUAE (2007), 330 pp.
- Jaqout, M., 2008. Contribution à la mise en place d'un schéma d'amélioration génétique des caprins Créoles de Guadeloupe. Mémoire d'Ingénieur en Agronomie Approfondie de l'AgroParisTech, 75pp
- Jarrige, R, 1988. Alimentation des Bovins et Ovins et Caprins. INRA, Paris
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al Ajmi, D.S., Al Maqbaly, R.S., Al Saqri, N.M., Ritchie, A., 2004. An evaluation of the growth, carcass and meat quality characteristics of Omani goat breeds. *Meat Sci.*, 66, 203-210.
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Al-Kindi, A., Al-Marzooqi, W., Al-Saqri, N. M., 2006. Effects of transportation at high ambient temperatures on physiological responses, carcass and meat quality characteristics of three breeds of Omani goats. *Meat Sci.*, 73, 626-634.
- Kannan, G., Kouakou, B., Gelaye, S., 2001. Color changes reflecting myoglobin and lipid oxidation in chevon cuts during refrigerated display. *Small Rum. Res.*, 42, 67-75.
- Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B., Gelaye, S., 2002. Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. *J. Anim. Sci.*, 80, 2383-2389.

- Kannan, G., Gadiyaram, K.M., Galipalli, S., Carmichael, A., Kouakou, B., Pringle, T.D., McMillin, K.W., Gelaye, S., 2006. Meat quality in goats as influenced by dietary protein and energy levels, and postmortem aging. *Small Rum. Res.*, 61, 45-52.
- Kannan, G., Jenkins, A. K., Eega, K. R., Kouakou, B., McCommon, G. W., 2007. Preslaughter spray-washing effects on physiological stress responses and skin and carcass microbial counts in goats. *Small Rum. Res.*, 67, 14-19.
- Kempster, A., J., 1981. Fat partition and distribution in the carcasses of cattles, sheep and pigs: a review. *Meat Sci.*, 5, 83-98.
- Klont, R.E., Barnier, V.M.H., Smulders, F.J.M., Van Dijk, A., Hoving-Bolink, A.H., Eikelenboom, G., 1999. Post-mortem variation in pH, temperature, and colour profiles of veal carcasses in relation to breed, blood haemoglobin content, and carcass characteristics. *Meat Sci.*, 53, 195-202.
- Koohmaraie, M., 1994. Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science*, 36, 93-104.
- Koohmaraie, M. and Geesink, G.H., 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Sci.*, 74, 34-43.
- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F.M., Nute, G.R., Wood, J.D., 2003. Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition and meat quality in the growing pig. *J. Anim. Sci.*, 81, 1967-1979.
- Koyuncu, M., Duru, S., Uzun, S.K., Ozis, S., Tuncel, E., 2007. Effect of castration on growth and carcass traits in hair goat kids under a semi-intensive system in the south-Marmara region of Turkey. *Small Rum. Res.*, 72, 38-44.
- Lambert-Derkimba A., 2007. Inscription des races locales dans les conditions de production des produits animaux sous AOC : Enjeux et conséquences pour la gestion collective des races mobilisées. Thèse de doctorat Systèmes d'élevage et gestion des ressources génétiques. Agroparistech. pp 284
- Larquè, E. and Zamora, S., Gil, A., 2001. Dietary trans fatty acids in early life: A review. *Early Human Develop.*, 65(Suppl.), 31-41.
- Laville, E., Bouix, J., Sayd, T., Eychenne, F., Marcq, F., Leroy, P.L., Elsen, J.M., Bibé, B., 2002. La conformation bouchère des agneaux. Etude d'après la variabilité génétique entre races. *INRA Prod. Anim.*, 15, 53-66.
- Lee, J.H., Kannan, G., Eega, K.R., Kouakou, B., Getz, W.R., 2008a. Nutritional and quality characteristics of meat from goats and lambs finished under identical dietary regime. *Small Rum. Res.*, 74, 255-259.
- Lee, J.H., Kouakou, B., Kannan, G., 2008b. Chemical composition and quality characteristics of chevon from goats fed three different post-weaning diets. *Small Rum. Res.*, 75, 177-184.
- Ledward, D. A., 1992. Colour of raw and cooked meat. In: In: D.A. Ledward, D.E. Johnston and M.K. Knight, Editors, *The chemistry of muscle based foods*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK (1992), pp. 128–144.
- Lindberg, J.E. and Gonda, H.L., 1997. Fibre and protein digestion in goats. CIHEAM-Options Méditerranéennes. 47-58.
- Listrat, A., Picard, B., Jailler, R., Collignon, H., Peccatte, J.-R., Micol, D., Geay, Y., Dozias, D., 2001. Grass valorisation and muscular characteristics of blonde d'Aquitaine steers. *Anim. Res.*, 50, 105-118
- Macit, M., Aksakal, V., Emsen, E., Esenbuga, N., Irfan Aksu, M., 2003. Effects of vitamin E supplementation on fattening performance, non-carcass components and retail cut percentages, and meat quality traits of Awassi lambs. *Meat Sci.*, 64, 1-6.

- Madruga, M. S., Narain, N., Souza, J. G., Costa, R. G., 2001. Castration and slaughter age effects on fat components of "Mestico" goat meat. *Small Rum. Res.*, 42, 77-82.
- Mahgoub, O. and Lodge, G.A., 1996. Growth and body composition in meat production of Omani Batina goats. *Small Rum. Res.*, 19, 233-246.
- Mahgoub, O. and Lu, C.D., 1998. Growth, body composition and carcass tissue distribution in goats of large and small sizes. *Small Rum. Res.*, 27, 267-278.
- Mahgoub, O., Kadim, I.T., Al Saqry, N.M., Al Busaidi, R.M., 2004. Effects of body weight and sex on carcass tissue distribution in goats. *Meat Sci.* 67, 577-585.
- Mahgoub, O., Lu, C.D., Hameed, M.S., Richie, A., Al-Halhali, A.S., Annamalai, K., 2005. Performance of Omani goats fed diets containing various metabolizable energy densities. *Small Rum. Res.*, 58, 175-180.
- Mahieu, M., Archimède, H., Fleury, J., Mandonnet, N., Alexandre, G., 2008. Intensive grazing system for small ruminants in the Tropics: The French West Indies experience and perspectives. *Small Rum. Res.*, 77, 195-207.
- Maiorano, G., Filetti, F., Salvatori, G., Gambacorta, M., Bellitti, A., Oriani, G., 2001. Growth, slaughter and intra-muscular collagen characteristics in Garganica kids. *Small Rum. Res.* 39, 289-294.
- Mandonnet, N., Aumont, G., Fleury, J., Gruner, L., Bouix, J., Vu Tien Khang, J., Varo, H., 1997. Résistance aux strongles gastro-intestinaux des caprins. Influence de différents environnements tropicaux sur l'expression du potentiel génétique de résistance. INRA Prod. Anim., 10, 91-98.
- Mandonnet, N., Aumont, G., Fleury, J., Arquet, R., Varo, H., Gruner, L., Bouix, J., Khang, J.V.T., 2001. Assessment of genetic variability of resistance to gastrointestinal nematode parasites in Creole goats in the humid tropics. *J. Anim. Sci.*, 79, 1706-1712.
- Mandonnet, N., Menendez-Buxadera, A., Arquet, R., Mahieu, M., Bachand, M., Aumont, G., 2006. Genetic variability in resistance to gastro-intestinal strongyles during early lactation in Creole goats. *Anim. Sci.*, 82, 283-287.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, N., Arguello, A., 2003. Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.*, 83, 247-256.
- Marinova, P., Banskalieva, V., Alexandrov, S., Tzvetkova, V., Stanchev, H., 2001. Carcass composition and meat quality of kids fed sunflower oil supplemented diet. *Small Rum. Res.*, 42, 219-227.
- McCormick, R.J., 1994. The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Sci.*, 36, 79-91.
- Moore, J.A., Poore, M.H., Luginbuhl, J.M., 2002. By-product feeds for meat goats: Effects on digestibility, ruminal environment, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 80, 1752-1758.
- Morand-Fehr, P., Hervieu, J., Bas, P., Sauvant, D., 1982. Feeding of young goats. Proc. 3rd Intern. Conf. Goat Prod. Diseases. Tucson (USA) 10-15/01/1982, pp. 90-104.
- Morand-Fehr, P., Bas, P., Rouzeau, A., Hervieu, J., 1985. Development and characteristics of adipose deposits in male kids during growth from birth to weaning. *Animal Production*, 41 (3), 349-357.
- Morand-Fehr, P. (Ed.), 1991. Goat Nutrition. Pudoc, Wageningen, Netherlands.
- Morand-Fehr, P., Tran, G., 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. INRA Prod. Anim., 14, 285- 302.
- Morand-Fehr, P. 2005. Recent developments in goat nutrition and application: A review. *Small Rum. Res.*, 60, 25-43.

- Morand-Fehr, P., Fedele, V., Decandia, M., Le Frileux, Y., 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rum. Res.*, 68 (1-2), 20-34.
- Moron-Fuenmayor, O. E. and Clavero, T., 1999. The effect of feeding system on carcass characteristics, non-carcass components and retail cut percentages of lambs. *Small Rum. Res.*, 34, 57-64.
- Mourad, M., Gbanamou, G., Balde, I.B., 2001. Carcass characteristics of West African dwarf goats under extensive system. *Small Rum. Res.*, 42, 83-86.
- El Muola I.H.A., Babiker S.A., El Khidir O.A., Ibrahim S.E., 1999. Meat production form female goat kids compared with males. *J. Agri. Sci.*, Cambridge, 133, 223-226.
- Mushi, D.E., Safari, J., Mtenga, L.A., Kifaro, G.C., Eik, L.O., 2009. Effects of concentrate levels on fattening performance, carcass and meat quality attributes of Small East African × Norwegian crossbred goats fed low quality grass hay. *Livest. Sci.*, 124 (1-3), 148-155.
- Naves, M., Alexandre, G., Leimbacher, F., Mandonnet, N., Menendez-Buxadera, A., 2001. Les ruminants domestiques de la Caraïbe: le point sur les ressources génétiques et leur exploitation (Breeding programs and population management in domestic ruminants of the Caribbean). *INRA Prod. Anim.*, 14, 181-192.
- Naves M., Gourdine J.L., Xandé X., Mandonnet N., Regina F., Hiol A., Alexandre G. 2009. Contribution of Creole breeds to quality assurance schemes: valuation of local resources in the meat sector in French West Indies. SOQRAL Final Meeting, Corte, October 26th-27th, 2009, Abst.
- Niekerk, W.A., Casey, N.H., 1988. The Boer goat. 2. Growth, nutrient requirements, carcass and meat quality. *Small Rum. Res.*, 1, 355-368.
- Normand, J., Moëvi, I., Lucbert, J., Pottier, E., 2005. Le point sur...L'alimentation des bovins et des ovins et la qualité des viandes. Collection "Le point sur..." INTERBEV & L'institut de l'élevage, Paris.
- OFIVAL, 2005. Classifications des ovins. Guide technique et réglementaire: Pesée, Classement, Marquage. <http://www.ofival.fr/guide-pcm-ext/page-web/p-31a34.htm>.
- Oman, J.S., Waldron, D.F., Griffin, D.B., Savell, J.W., 1999. Effect of breed-type and feeding regimen on goat carcass traits. *J. Anim. Sci.*, 77, 3215-3218.
- Oman, J. S., Waldron, D. F., Griffin, D. B., Savell, J. W., 2000. Carcass traits and retail display-life of chops from different goat breed types. *J. Anim. Sci.*, 78, 1262-1266.
- Ouali A., 1991. Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. *INRA Prod. Anim.*, 4, 195-208.
- Ouali, A., Herrera-Mendez, C.-H., Becila, S., Boudjellal, A., 2005. Une nouvelle donne pour la compréhension de la maturation des viandes. *Viandes et Produits Carnés*, 24, 205-212.
- Oury, M.P., Agabriel, J., Blanquet, J., Labouré, H., Micol, D., Picard, B., Roux, M., Dumont, R., 2006. Typologie des viandes selon la qualité sensorielle chez la génisse de race charolaise: relations avec les performances à l'abattage des animaux. 11^{ème} JSMTV Viandes & Produits Carnés, Clermont-Ferrand, France, pp. 227-228.
- Oury, M.-P., Picard ,B., Istasse, L., Micol, D., Dumont, R., 2007. Mode de conduite en élevage et tendreté de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.*, 20 , 309-326.
- Park, W.Y., Kouassi, M.A., Chin, K.C., 1991. Moisture, total fat and cholesterol in goat organ and muscle meat. *J. Food Sci.*, 56, 1191-1193.
- Patil, D.A., Gunjal, B.B., Pawar, V.D., Surve, V.D., Machewad, G.M., 2003. Effect of aging on quality of chevon. *J. Food Sci. Technology-Mysore*, 40, 528-530.
- Patureau Mirand, P. and Rémond, D., 2008. La viande, un aliment vanté ou décrié : un point sur ses propriétés nutritionnelles et sa place dans une alimentation humaine équilibrée.

- In: CRAW (Ed.), Treizième Carrefour des Productions Animales. L'élevage des ruminants en question: vérités et contre-vérités, Gembloux, Belgique, pp. 20-29.
- Peacock, C., 1996. Improving goat production in the Tropics. A manual for development workers. Oxfam-FARM-Africa Publication.
- Phengvichith, V. and Ledin, I., 2007. Effect of a diet high in energy and protein on growth, carcass characteristics and parasite resistance in goats. *Trop. Anim. Health Prod.*, 39, 59-70.
- Picard, B., Leger, J., Robelin, J., 1994. Quantitative determination of type I myosin heavy chain in bovine muscle with anti myosin monoclonal antibodies. *Meat Sci.* 36, 333-343.
- Picard, B., Jurie, C., Cassar-Malek, I., Hocquette, J. F., Lefaucheur, L., Berri, C., Duclos, M.J., Alami-Durante, H., Rescan, P.Y., 2003. Typologie et ontogenèse des fibres musculaires chez différentes espèces d'intérêt agronomique. *INRA Prod. Anim.*, 16, 117-123.
- Picard, B., Jurie, C., Bauchart, D., Dransfield, E., Ouali, A., Martin, J.F., Jailler, R., Lepetit, J., Culoli, J., 2006. Caractéristiques des muscles et de la viande des principales races bovines allaitantes du massif central, 11^{ème} JSMTV, Clermont-Ferrand, France, pp. 183-190.
- Prasad, V.S.S. and Kirton, A.H., 1992. Evaluation and classification of live goats, their carcasses and cuts. In: IGA (Ed.), 5th International Conference on Goats. International Academic Publishers, New Delhi, India, pp. 440-449.
- Pratiwi, N. M. W., Murray, P. J., Taylor, D. G., 2004. Meat quality of entire and castrated male Boer goats raised under Australian conditions and slaughtered at different weights: physical characteristics, shear force values and eating quality profiles. *Anim. Sci.*, 79, 213-219.
- Pratiwi, N. M.W., Murray, P. J., Taylor, D. G., Zhang, D., 2006. Comparison of breed, slaughter weight and castration on fatty acid profiles in the longissimus thoracis muscle from male Boer and Australian feral goats. *Small Rum. Res.*, 64, 94-100.
- Pratiwi, N. M. W., Murray, P. J., Taylor, D. G., 2007. Feral goats in Australia: A study on the quality and nutritive value of their meat. *Meat Sci.*, 75, 168-177.
- Prieto, N., Roehe, R., Lavín, P., Batten, G., Andrés, S., 2009. Application of near infrared reflectance spectroscopy to predict meat and meat products quality: A review. *Meat Sci.*, In Press.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., 2001a. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim. Res.*, 50, 185-200.
- Priolo, A., Prache, S., Dubroeucq, H., Micol, D., Agabriel, J., 2001b. Caractéristiques des carcasses et de la viande d'agneaux produits à l'herbe ou en bergerie: garantie de provenance. 8^{ème} Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants. Institut de l'élevage, Paris, France.
- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E., 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci.*, 62, 179-185.
- Prud'hon, M. 1976. La croissance globale de l'agneau, ses caractéristiques et ses lois. 2èmes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Croissance, engrangissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux, INRA-ITOVIC, 6-26.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D., 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 113, 199-221.
- Ramirez, R.G., 1999. Feed resources and feeding techniques of small ruminants under extensive management conditions. *Small Rum. Res.*, 34, 215-230.

- Rao, M.V., Gault, N.F.S., 1989. The influence of fibre-type composition and associated biochemical characteristics on the acid buffering capacities of several beef muscles. *Meat Sci.*, 26, 5-18.
- Regina, F., Eugène, S., Rinna, R., Gauthier, V., Alexandre, G., 2007. Premiers résultats sur les qualités nutritionnelles, physicochimiques et sensorielles de la viande de Ovin Martinik. 8èmes journées techniques de l'Association Martiniquaise pour le Développement des Productions agricoles, 13/06/2007, Lamentin, Martinique. 10-17.
- Regina, F., Eugene, S., Rinna, R., Gauthier, V., Archimède, H., Alexandre, G. 2009. Qualités de la viande de bovin en Martinique selon leur génotype et leur mode d'alimentation. Renc. Rech. Rum. La Villette 2-3, Décembre, 2009 (sous presse).
- Renerre, M. and Labadie, J., 1993. Fresh red meat packaging and meat quality. Proc. 39th ICoMST, Calgary, Canada, pp. 361-387.
- Renerre, M., 2002. Les oxydations lipidiques dans la viande. Viandes & Produits Carnés. 9^{ème} JSMTV.
- Rhee, K.S., Waldron, D.F., Ziprin, Y.A., Rhee, K.C., 2000. Fatty acid composition of goat diets vs intramuscular fat. *Meat Sci.*, 54, 313-318.
- Risvik, E., 1994. Sensory properties and preferences. *Meat Sci.*, 3, 6, 67-77.
- Robelin, J., 1978. Développement différentiel du squelette chez les bovins. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, 18 (1), 1-4.
- Robelin, J., Casteilla, L., 1990. Differentiation, growth and development of adipose tissue. *Prod. Anim.*, 3, (4), 243-252. Rubino, R., Morand-Fehr, P., Sepe, L. (Eds.), 2004. Atlas of goat products. La biblioteca di Caseus, Italy.
- Ruvuna F., Taylor J.F., Okeyo M., Wanyoike M., Ahuya C. 1992. Effects of breed and castration on slaughter weight and carcass composition of goats. *Small Rum. Res.*, 7, 175-183.
- Ryan, S.M., Unruh, J.A., Corrigan, M.E., Drouillard, J.S., Seyfert, M., 2007. Effects of concentrate level on carcass traits of Boer crossbred goats. *Small Rum. Res.*, 73, 67-76.
- Sahlu, T., Dawson, L.J., Gipson, T.A., Hart, S.P., Merkel, R.C., Puchala, R., Wang, Z., Zeng, S., Goetsch, A.L., 2009. ASAS Centennial Paper: Impact of animal science research on United States goat production and predictions for the future. *J. Anim. Sci.*, 87, 400-418.
- Sanon, H.O., Kabore-Zoungrana, C., Ledin, I., 2008. Growth and carcass characteristics of male Sahelian goats fed leaves or pods of *Pterocarpus lucens* or *Acacia senegal*. *Livest. Sci.*, 7, 192-202.
- Santos, V.A.C., Silva A.O., Cardoso, J.V.F., Silvestre, A.J.D., Silva, S.R., Martins, C., Azevedo, J.M.T., 2007. Genotype and sex effects on carcass and meat quality of suckling kids protected by the PGI "Cabrito de Barroso" *Meat Sci.*, 75, 725-736.
- Santos, V.A.C., Silva, S.R., Azevedo, J.M.T. 2008. Carcass composition and meat quality of equally mature kids and lambs. *J. Anim. Sci.*, 86, 1943-1950.
- Sañudo, C., M. Alfonso, R. San Julián, G. Thorkelsson, T. Valdimarsdottir, D. Zygoiannis, C. Stamataris, E. Piasentier, C. Mills, P. Berge, E. Dransfield, G.R. Nute, M. Enser and A.V. Fisher. 2007. Regional variation in the hedonic evaluation of lamb meat from diverse production systems by consumers in six European countries. *Meat Sci.*, 75, 610-621.
- Sauvant, D., 2000. Influence of forage type and concentrate proportion, given to dry goats, on the duodenal microbial fatty acid composition. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 52, 111-114.
- Sauvant, D. and Bas, P., 2001. Lipid digestion in ruminants. *INRA Prod. Anim.*, 14, 303-310.

- Schönfeldt, H.C., Naude, R.T., Bok, W., Vanheerden, S.M., Smit, R., Boshoff, E., 1993. Flavor-related and tenderness-related quality characteristics of goat and sheep meat. *Meat Sci.*, 4, 363-379.
- Seguin, B., 2002. La recherche agronomique face aux gaz à effet de serre. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°46, juin 2002.
- Sellier, P., Bouix, J., Renand, G., Molénat, M., 1992. Les objectifs et les critères de sélection Les aptitudes bouchères : croissance, efficacité alimentaire et qualité de la carcasse. INRA Prod. Anim., n° hors série, 147-159.
- Seppänen-Laakso, T., Laakso, I., Hiltunen, R., 2002. Analysis of fatty acids by gas chromatography, and its relevance to research on health and nutrition. *Analytica Chimica Acta*, 465(1-2), 39-62.
- Shrestha, J.N.B., Fahmy, M.H., 2007. Breeding goats for meat production. 3. Selection and breeding strategies. *Small Rum. Res.*, 67, 113-125.
- Sikora, J., Borys, B., Borys, A., Grzeskiewicz, S., 2007. Lipid profile of intramuscular fat in fattened goat kids according to breed and age. *Annals Anim. Sci.*, 7, 35-44.
- Simela, L., and Merkel, R. 2008. Review: The contribution of chevon from Africa to global meat production. *Meat Sci.*, 80, 101–109
- Smith, W.L., 2007. Nutritionally essential fatty acids and biologically indispensable cyclooxygenases. *Trends in Biochemical Sci.*, 33(1), 2737.
- Soltner, D., 1987. La production de viande bovine. Collection Sciences et Techniques Agricoles., Angers, France.
- Stankov, I. K., Todorov, N. A., Mitev, J. E., Miteva, T. M., 2002. Study on some qualitative features of meat from young goat of Bulgarian breeds and crossbreeds of goats slaughtered at various ages. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 15 (2), 283-289.
- Teixeira, A., Azevedo, J., Delfa, R., Morand-Fehr, P., Costa, C., 1995. Growth and development of Serrana kids from Montesinho Natural Park (NE of Portugal). *Small Rum. Res.*, 16 (3), 263-269.
- Traxler, M. J., Fox, D. G., Van Soest, P. J., Pell, A. N., Lascano, C. E., Lanna, D. P. D., Moore, J. E., Lana, R. P., Velez, M., Flores, A., 1998. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. *J. Anim. Sci.*, 76 (5), 1469-1480.
- Theriez, M., Van Quackebekke, E., Cazes, J.P., 1976. Influence de l'alimentation sur la croissance l'état d'engraissement et la qualité des carcasses. 2^{ème} Journées de la Recherche Ovine et Caprine, Croissance, engrangissement et qualité des carcasses d'agneaux et de chevreaux, INRA-ITOVIC, 79-109.
- Todaro, M., Corrao, A., Alicata, M.L., Schinelli, R., Giaccone, P., Priolo, A., 2004. Effects of litter size and sex on meat quality traits of kid meat. *Small Rum. Res.* 54, 191-196.
- Tshabalala, P.A., Strydom, P.E., Webb, E.C., de Kock, H.L., 2003. Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds. *Meat Sci.*, 65, 563-570.
- Tsukahara, Y., Chomei, Y., Oishi, K., Kahi, A.K., Panandam, J.M., Mukherjee, T.K., Hirooka, H. 2008. Analysis of growth patterns in purebred Kambing Katjang goat and its crosses with the German Fawn. *Small Rum. Res.* 80: 8-15.
- Tsukahara, Y., Chomei, Y., Oishi, K., Kahi, A.K., Panandam, J.M., Mukherjee, T.K., Hirooka, H., 2008. Analysis of growth patterns in purebred Kambing Katjang goat and its crosses with the German Fawn. *Small Rum. Res.*, 80, 8-15.
- Valin, C., 1988. Différenciation du tissu musculaire. Conséquences technologiques pour la filière viande. *Reprod. Nutr. Develop.*, 28 (3B), 845-856.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74, 3583-3597.

- Verrier, E., Tixier-Boichard, M., Bernigaud, R., Naves, M. 2005. Conservation and values of local livestock breeds: usefulness of niche products and/or adaptation to specific environments. *Animal Gen. Resources Information*, 36, 21-31.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., Henckel, P., 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Sci.*, 54, 177-185
- Warmington, B.G. and Kirton, A.H., 1990. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. *Small Rum. Res.*, 3, 147-165.
- Webb, E.C., Casey, N.H., Simela, L., 2005. Goat meat quality. *Small Rum. Res.*, 60, 153-166.
- Williamson, C. S., Foster, R. K., Stanner, S. A., Buttriss, J. L., 2005. Red meat in the diet: a review. *Nutr. Bulletin (British Nutrition Foundation)*, 30, 323-355.
- Wolfarm,G., 2003. Dietary fatty acids and coronary heart disease. *Eur. J. Med. Res.*, 8, 321-324.
- Wolff, R.L., 1995. Content and distribution of trans-18: 1 acids in ruminant milk and meat fats: Their importance in European diets and their effect on human milk. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 72, 259-272.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M., 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Sci.*, 66, 21-32.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., Whittington, F. M, 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.*, 78 (4), 343-358.
- World Bank (the) 2009. Minding the stock : bringing public policy to bear on livestock sector development. Report n° 44010-GLB. pp 74.
- Yurawecz, M.P., Roach, J.A.G., Sehat, N., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Fritsche, J., Steinhart, H., Ku, Y., 1998. A new conjugated linoleic acid isomer, 7 trans, 9 cis-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese, beef and human milk and adipose tissue. *Lipids*, 33, 803-809.