

Effet de la nature de l'énergie ingérée, céréales vs pulpes de betteraves, sur les performances de croissance et la qualité des carcasses d'agneaux de bergerie

Jérôme Normand^{a*}, Michel Thériez^b, Pierre Bas^c,
Bernard Arousseau^d, Daniel Sauvanc^c

^a Institut de l'élevage, service viande, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12, France

^b Inra, laboratoire adaptation des herbivores aux milieux,
Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

^c Inra, laboratoire de nutrition et alimentation, INA P-G,
16, rue Claude-Bernard, 75231 Paris cedex 05, France

^d Inra, laboratoire croissance et métabolisme des herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(Reçu le 16 décembre 1998 ; accepté le 26 avril 1999)

Abstract — Effect of energy source, cereals vs sugar beet pulp, on growth performance and carcass quality of intensively reared lambs. Soft and off-coloured subcutaneous adipose tissue can be observed in a variable proportion of intensively reared lamb carcasses. This can result in financial losses for farmers. Introducing sugar beet pulp in the finishing diet has sometimes been recommended since it is thought to improve adipose tissue quality. Compared with cereals, the sugar beet pulp might modify ruminal fermentation and decrease the proportion of propionate produced. Propionate may be used as a primer unit for the synthesis of fatty acids with low melting points which are characteristic of soft adipose tissue. The aim of this study was to verify the effects of sugar beet pulp on performance and carcass quality. Forty-eight male "Lacaune" (milk breed) lambs, weaned at 27 (\pm 4) days were used. They were given hay and a pelleted concentrate composed of either wheat and barley (80 %, group C) or sugar beet pulp (70 %, group P) ad libitum. The firmness and the colour of the adipose tissue were scored 18 hours after slaughter both visually and manually. Growth rate was higher in group P than in group C (377 vs 328 g·d⁻¹ ($P < 0.01$), respectively) even though there was no significant difference in the amount of theoretical metabolisable energy ingested between groups (3.34 vs 3.22 Mcal·d⁻¹). Plasma concentrations of glucose and β -hydroxybutyrate were higher in group P than in group C (0.88 vs 0.84 g·L⁻¹ ($P < 0.05$) and 49 vs 37 μ eq·L⁻¹ ($P < 0.01$), respectively). P lambs tended to deposit less internal fat than C lambs. However, the firmness and the whiteness of subcutaneous fat was not improved by diet P compared to diet C. More carcasses with soft adipose tissue were observed in P compared to C ($P = 0.20$); 0 vs 5 carcasses were judged to be

* Correspondance et tirés à part.

Tél. : (33) 05 55 42 60 90 ; fax : (33) 05 55 42 60 95 ; e-mail : jerome.normand@inst-elevage.asso.fr

firm, 9 vs 8 were judged to be slightly soft, 11 vs 7 were judged to be soft and 4 vs 4 were judged to be very soft and oily, in treatments P and C respectively. (© Elsevier / Inra).

lamb / sugar beet pulp / growth / quality / carcass

Résumé — Une altération de la fermeté et de la coloration des tissus adipeux de couverture des carcasses d'agneaux de bergerie affecte une proportion variable de la production ovine française et peut entraîner une dépréciation commerciale non négligeable. L'introduction de pulpes de betteraves dans le régime de finition est parfois préconisée pour améliorer la présentation des gras. En effet, par rapport à un régime à base de céréales, les pulpes de betteraves sont susceptibles de modifier l'équilibre des fermentations ruminales vers une moindre production de propionate dont les dérivés entrent dans la synthèse d'acides gras caractéristiques des tissus adipeux mous. Le but de cette étude est donc de vérifier les effets de la nature de l'énergie ingérée sur les performances, l'état nutritionnel et la qualité des carcasses d'agneaux. Ainsi, 48 agneaux mâles, de race Lacaune « lait », sevrés à 27 (± 4) j, ont disposé de foin et d'un aliment concentré aggloméré à base de céréales (80 %, lot C) ou de pulpes (70 %, lot P), en libre accès. La fermeté et la couleur de leur dépôt adipeux ont été appréciées visuellement et tactilement 18 h après abattage. La vitesse de croissance moyenne du lot P a été supérieure à celle du lot C, respectivement 377 et 328 g·j⁻¹ pour des quantités théoriques d'énergie métabolisable ingérée non significativement différentes (3,34 vs 3,22 Mcal·j⁻¹). Les concentrations plasmatiques moyennes en glucose et β -hydroxybutyrate ont été plus élevées dans le lot P que dans le lot C, respectivement 0,88 vs 0,84 g·L⁻¹ et 49 vs 37 μ eq·L⁻¹. Le régime « pulpes » a conduit à la production de carcasses légèrement plus maigres en gras interne mais n'a pas amélioré la fermeté et la couleur des gras sous-cutanés. La fermeté a même eu tendance à se dégrader dans le lot P. (© Elsevier / Inra).

agneau / pulpes de betteraves / croissance / qualité / carcasse

1. INTRODUCTION

Améliorer la présentation des gras de couverture des carcasses d'agneaux de bergerie est devenu l'une des préoccupations majeures de la filière ovine française qui, pour faire face à la concurrence étrangère, a fortement orienté sa politique commerciale vers la qualité. En effet, plusieurs enquêtes régionales ont montré que des défauts de qualité de ces gras pouvaient affecter jusqu'à deux tiers de la production [20]. Deux types de défauts sont rencontrés ; ils concernent la tenue et la couleur. Habituellement fermes et blancs nacrés, les gras sont alors mous avec une texture plus ou moins huileuse et/ou présentent une coloration crème à brun-rouge. Cette altération de la présentation des carcasses entraîne leur exclusion des filières qualité et peut se traduire par une dépréciation commerciale importante (5 à 15 % du prix de vente).

Plusieurs facteurs semblent influencer l'apparition de ces défauts : la race [21], le sexe [3, 34], l'ascendance paternelle [31], la composition de l'aliment d'allaitement [2], la quantité de lait maternel absorbée avant sevrage, la quantité et la nature de l'énergie ingérée au cours de la phase d'engraissement [8, 9]. Ainsi, les régimes comprenant une forte proportion de céréales riches en amidon rapidement dégradables, de type orge ou blé, induiraient une dégradation de la fermeté des dépôts adipeux de couverture [12]. Le mécanisme impliquerait une modification de l'orientation des fermentations ruminales vers une production accrue d'acide propionique. La capacité du foie à métaboliser cet acide gras volatil en glucose pourrait alors être dépassée et ses dérivés seraient utilisés en tant que précurseur de la synthèse d'acides gras à chaîne carbonée impaire ou ramifiée [13]. Ces acides gras à faible point de fusion sont

caractéristiques des tissus adipeux mous [4, 12, 25].

La substitution des céréales par un aliment riche en parois végétales facilement digestibles, tel que les pulpes de betteraves, permet de modifier le profil fermentaire. La présence de pectines induit des fermentations ruminales assez rapides [23] tandis que les autres constituants pariétaux sont digérés beaucoup plus progressivement [10]. Au bilan, les fermentations induites sont davantage orientées vers la production d'acétate et moins vers la production de propionate qu'avec un régime à base d'orge [6]. C'est pourquoi l'incorporation de pulpes de betteraves dans la ration est une technique conseillée pour améliorer la qualité des carcasses d'agneaux. Les résultats sont cependant assez variables, allant d'un effet bénéfique [22, 26 (agneaux Rouge de l'Ouest femelles)] à aucune amélioration de la qualité des dépôts adipeux de couverture [26, (agneaux Rouge de l'Ouest mâles), 33, Sagot (com. pers.)]. Une étude complémentaire apparaissait nécessaire pour vérifier l'effet de la nature de l'énergie ingérée, amidon rapidement digestible provenant de céréales ou parois végétales digestibles provenant de pulpes de betteraves, sur les paramètres zootechniques, l'état nutritionnel et la qualité du gras de couverture des carcasses d'agneaux.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Animaux

Quarante-huit agneaux mâles, de race Lacaune « lait », issus de 8 béliers, ont été utilisés. Ces animaux, élevés sous la mère et sevrés brutalement à 27 (\pm 4) j ont été logés en cases individuelles sur caillebotis et répartis en deux lots comparables quant à l'origine paternelle, l'âge et le poids à la mise en lots. Après une période d'adaptation de 18 j, les agneaux ont disposé en libre accès, de foin de prairie naturelle de deuxième coupe (énergie métabolisable (EM) estimée : 2,39 Mcal·kg⁻¹ de matière sèche (MS), matières azotées totales (MAT) : 195 g·kg⁻¹ MS [17]) et d'un aliment concentré aggloméré riche en céréales (lot C) ou en pulpes de betteraves

(lot P), dont les composition et valeur nutritive figurent au *tableau 1*.

Les agneaux ont été abattus dès qu'ils étaient jugés « couverts » lors du contrôle hebdomadaire effectué par palpation suivant la méthode de Russel et al. [28].

2.2. Mesures et analyses

Les agneaux ont été pesés une fois par semaine, en début d'après-midi, pour établir des courbes de croissance individuelles sur la période d'engraissement (10 à 15 pesées par animal). Le gain moyen quotidien (GMQ) de chaque agneau a été calculé par ajustement par régression linéaire de ces courbes de façon à limiter l'incidence d'une erreur de pesée. Des quantités de concentré et de fourrage suffisantes pour 3 ou 4 j étaient pesées et distribuées deux fois par semaine. Les quantités d'aliments refusés sur ces périodes (environ 10 % des quantités distribuées) étaient également mesurées pour apprécier l'ingestion. La détermination de la teneur en MS du fourrage et des concentrés a été effectuée une fois par semaine par dessiccation à l'étuve (103 °C durant 48 h). Les teneurs en MAT, cellulose brute, NDF, ADF, ADL, amidon, matières grasses brutes et cendres des aliments concentrés ont été mesurées sur un seul échantillon par aliment constitué tout au long de la période d'engraissement. La valeur en énergie métabolisable de ces aliments a été calculée à partir des analyses avec l'équation de prédiction de Giger-Reverdin et al. [15] ainsi que par la méthode additive à partir des tables Inra [17]. Les valeurs PDI ont été estimées par la méthode additive à partir des tables Inra [17].

Pour évaluer l'état nutritionnel des animaux et mesurer son influence sur la qualité des carcasses, des prélèvements sanguins ont été réalisés dans la veine jugulaire à l'aide d'un vacutainer hépariné. Ils ont été effectués sur l'ensemble des animaux, depuis la fin de la période d'adaptation jusqu'à l'abattage, toutes les deux semaines, à 8 h, soit 4 à 7 prélèvements par agneau. Les échantillons ont été immédiatement centrifugés (12 min à 2 500 g) et les plasmas stockés à -30 °C. Les concentrations plasmatiques en glucose (dosage enzymatique, Sigma), insuline (dosage par radio-immunologie, CIS bio-international), acides gras non estérifiés (AGNE, dosage enzymatique colorimétrique, Unipath), β -hydroxybutyrate (BHB, dosage enzymatique, Boehringer Mannheim) et lactate (dosage enzymatique, Boehringer Mannheim) ont été déterminées ultérieurement.

Tableau I. Composition et valeur nutritive des aliments concentrés expérimentaux.

	Céréales	Pulpes
Composition (% MS) ^a		
Orge	45,9	–
Blé	34,7	–
Avoine	–	9,9
Pulpes de betteraves	–	70,8
Tourteau de soja	5	4,9
Tourteau de colza	4,1	5
Farine de poisson	4,2	4,1
Mélasses	2,6	2,6
Urée	–	0,4
Chlorure d'ammonium	1,1	1,1
Carbonate de calcium	2,3	–
Phosphore	–	1,1
Composition chimique (% /MS)		
Cendres	6,3	7,8
MAT	19,3	18,6
Cellulose brute	4,5	16,2
Matières grasses brutes	2,8	2,0
NDF	17,2	41,9
ADF	6,0	19,1
ADL	1,5	2,4
Amidon	53,2	13,7
Énergie métabolisable (Mcal·kg ⁻¹ MS) ^b	2,94	2,66
Énergie métabolisable (Mcal·kg ⁻¹ MS) ^c	3,01	2,72
PDIN (g·kg ⁻¹ MS) ^c	131	125
PDIE (g·kg ⁻¹ MS) ^c	129	129

^a Les oligo-éléments (Cu, Zn, Co, Fe, I, Se) ont été apportés en solution.

^b Calculée à partir des analyses chimiques [15].

^c Calculées à partir des tables Inra [17].

Le poids de la carcasse chaude a été mesuré immédiatement après abattage et celui de la carcasse refroidie, après 18 h de ressuage à 3 °C. La conformation et l'état d'engraissement des carcasses ont été appréciés par notation selon les grilles Ofival [27] sur les carcasses froides. Cependant, contrairement aux spécifications de la grille de notation, la note d'état d'engraissement n'a été attribuée qu'en fonction de l'état d'engraissement externe de l'animal. L'état d'engraissement a également été apprécié par pesée des dépôts adipeux périrénaux (PR) et omentaux (OM) ainsi que par mesure des épaisseurs des dépôts adipeux sous-cutanés dorsaux (au niveau de la première vertèbre lombaire, Ep DO) et sternaux (au milieu du sternum, à l'aplomb de la cinquième côte, Ep ST). La qua-

lité des dépôts adipeux de couverture a été appréciée par notation de leur fermeté (note variant de 1 pour un gras très ferme à 5 pour un gras très mou et huileux) et de leur couleur (note variant de 1 pour un gras très blanc à 5 pour un gras très coloré) suivant les grilles définies par l'Institut de l'élevage [20].

2.3. Analyses statistiques

Le nombre d'agneaux issus de chaque bélier n'étant pas systématiquement pair, le dispositif était déséquilibré. Les données ont donc été traitées par analyse de variance-covariance selon la procédure Mixed du logiciel SAS [29, 30] en introduisant dans le modèle la nature de l'énergie

ingérée en facteur fixe, l'origine paternelle et l'interaction régime-bélier en facteur aléatoire et le poids en début d'essai en covariable. Les liaisons linéaires corrigées des effets du modèle ont été étudiées entre chaque variable. Pour chaque métabolite plasmatique, les concentrations mesurées sur la période d'engraissement ont été résumées par la valeur moyenne puis analysées par analyse en composantes principales (ACP) [24]. Les cinq critères d'engraissement mesurés ont également été analysés par ACP. Les notes de fermeté et de couleur des dépôts adipeux ont été successivement traitées avec un modèle d'analyse de variance (procédure Mixed SAS) et un modèle de transformée logistique (macro Glimmix SAS). Les résultats obtenus avec ces deux modèles étant similaires, seuls ceux résultant de la procédure Mixed sont présentés dans ce texte.

3. RÉSULTATS

L'origine paternelle n'a eu aucun effet significatif sur les performances de croissance, l'état nutritionnel et la qualité des carcasses compte tenu du faible nombre d'agneaux descendant de chaque bélier.

Cependant, l'effet « bélier » a été maintenu dans le modèle statistique en tant qu'élément constitutif de la mise en lot.

3.1. Alimentation, croissance et durée d'engraissement

Durant la période expérimentale, les agneaux du lot P ont ingéré significativement plus de MS (+0,14 kg·j⁻¹, $p < 0,01$, *tableau II*) avec notamment plus d'aliment concentré (1,11 vs 0,95 kg MS·j⁻¹, $p < 0,01$) et moins de foin (0,16 vs 0,18 kg MS·j⁻¹, $p = 0,09$) que ceux du lot C. Mais compte tenu des différences de densité énergétique des aliments, les quantités théoriques d'énergie métabolisable ingérée par animal ou rapportées au poids métabolique moyen sur la période n'ont pas été significativement différentes (3,34 vs 3,22 Mcal·j⁻¹ respectivement pour les lots P et C). La vitesse de croissance du lot P a été supérieure de 50 g·j⁻¹ à celle du lot C ($p < 0,01$, *tableau II*). L'indice de consommation (kg MS ingérée·kg⁻¹ de gain de poids) n'a pas été signi-

Tableau II. Effet de la nature de l'aliment concentré sur les performances zootechniques.

	Céréales (n = 24)	Pulpes (n = 24)	ETR ^a	Seuil de signification
MS ingérée (kg·j ⁻¹)	1,13	1,27	0,11	$p < 0,01$
Foin ingéré (% de la MS ingérée)	15,7	12,3	3,2	$p < 0,01$
EM ingérée (Mcal·j ⁻¹)	3,22	3,34	0,30	NS
EM ingérée·kg ⁻¹ PV ^{0,75} (Mcal·j ⁻¹ ·kg ⁻¹)	0,27	0,28	0,02	$p = 0,18$
Poids en début d'essai (kg)	15,3	15,6	1,9	NS
Poids vif à l'abattage (kg)	39,8	40,2	3,6	NS
GMQ ajusté ^b (g·j ⁻¹)	328	377	41	$p < 0,01$
Indice de consommation (kg MS·kg ⁻¹ de gain)	3,46	3,39	0,28	NS
Indice énergétique (Mcal·kg ⁻¹ de gain)	9,87	8,91	0,75	$p < 0,01$
Indice PDIN (g PDIN·kg ⁻¹ de gain)	450	424	36	$p < 0,05$
Indice PDIE (g PDIE·kg ⁻¹ de gain)	432	426	34	NS
Age à l'abattage (j)	123	116	10	$p < 0,01$
Durée d'engraissement (j)	76	68	9	$p < 0,05$
Poids de carcasse froide (kg)	18,0	18,1	1,9	NS

Moyennes ajustées des effets bélier, interaction régime-bélier, poids en début d'essai. NS : non significatif ($p > 0,20$).

^a ETR : écart type résiduel. ^b GMQ ajusté par régression linéaire de la courbe individuelle de poids.

ficativement différent entre les deux lots ; en revanche, l'indice d'utilisation de l'énergie (Mcal d'EM ingérée·kg⁻¹ de gain de poids) du lot P a été plus faible que celui du lot C (8,91 vs 9,87 Mcal·kg⁻¹, $p < 0,01$), que la méthode utilisée pour calculer la valeur énergétique des aliments soit celle de Giger-Reverdin et al. [15] ou la méthode additive [17]. La valorisation des matières azotées appréciée par l'indice d'utilisation des PDI (g de PDI ingérées·kg⁻¹ de gain de poids) a été meilleure dans le lot P que dans le lot C (respectivement, 424 vs 450 g de PDIN·kg⁻¹ ($p < 0,05$) et 426 vs 432 g de PDIE·kg⁻¹ (NS)). Cependant, durant les cinq premières semaines d'engraissement, les apports en PDI semblent avoir été limitants et de ce fait, avoir déterminé le niveau de performances des agneaux. Ainsi, les apports en PDI du lot C, inférieurs de 11 % à ceux du lot P (120 vs 135 g·j⁻¹), ont conduit à un gain journalier plus faible (325 vs 385 g·j⁻¹).

Dans les deux lots, les agneaux ont été abattus à un poids vif proche de 40 kg, alors même que la décision d'abattre dépendait de l'état d'engraissement apparent. Cependant, les agneaux du lot C, réalisant une croissance moindre, ont nécessité une durée d'engraissement plus longue de 8 j par rapport à ceux du lot P ($p < 0,05$, *tableau II*) ; ils étaient ainsi plus âgés lors de l'abattage (123 vs 116 j, $p < 0,01$).

3.2. État nutritionnel

Les animaux du lot P ont présenté une glycémie moyenne plus élevée que ceux du lot C (0,88 g·L⁻¹ vs 0,84 g·L⁻¹, $p < 0,05$, *tableau III*). Il en a été de même pour la concentration plasmatique moyenne en β -hydroxybutyrate (49 mg·L⁻¹ vs 37 mg·L⁻¹, $p < 0,01$). En revanche, la nature de l'aliment concentré n'a pas eu d'influence significative sur les teneurs en insuline, AGNE et lactate.

L'ACP réalisée sur les données relatives à ces métabolites plasmatiques a permis d'expliquer 60 % de la variabilité totale à partir des deux premiers axes (*figure 1*). L'axe 1 (31,6 %) exprime plus particulièrement les concentrations en glucose et insuline alors que l'axe 2 (27,6 %) est représentatif des concentrations en AGNE, β -hydroxybutyrate et lactate. Ces deux axes sont considérés comme deux variables synthétiques et indépendantes, nommées index glucose-insuline et index AGNE-BHB-lactate. Ceux-ci ont alors été intégrés au modèle statistique initial et mis en relation avec les autres facteurs zootechniques étudiés. La *figure 2* représente la répartition des individus sur le plan principal 1-2. L'index glucose-insuline apparaît plus élevé dans le lot P que dans le lot C ($p < 0,01$) alors qu'il n'y a pas

Tableau III. Effet de la nature de l'aliment concentré sur la valeur moyenne des paramètres sanguins au cours de la période d'engraissement.

	Céréales (n = 24)	Pulpes (n = 24)	ETR ^a	Seuil de signification
Glucose (g·L ⁻¹)	0,84	0,88	0,04	$p < 0,05$
Insuline (mU·L ⁻¹)	27	31	11	NS
Acides gras non estérifiés (μ eq·L ⁻¹)	87	72	42	NS
β -hydroxybutyrate (mg·L ⁻¹)	37	49	11	$p < 0,01$
Lactate (mmol·L ⁻¹)	1,45	1,47	0,24	NS
Index glucose-insuline	-0,57	0,49	1,01	$p < 0,01$
Index AGNE-BHB-lactate	-0,16	0,09	1,07	NS

Moyennes ajustées des effets bélier, interaction régime-bélier, poids en début d'essai.

NS : non significatif ($p > 0,20$).

^a ETR : écart type résiduel.

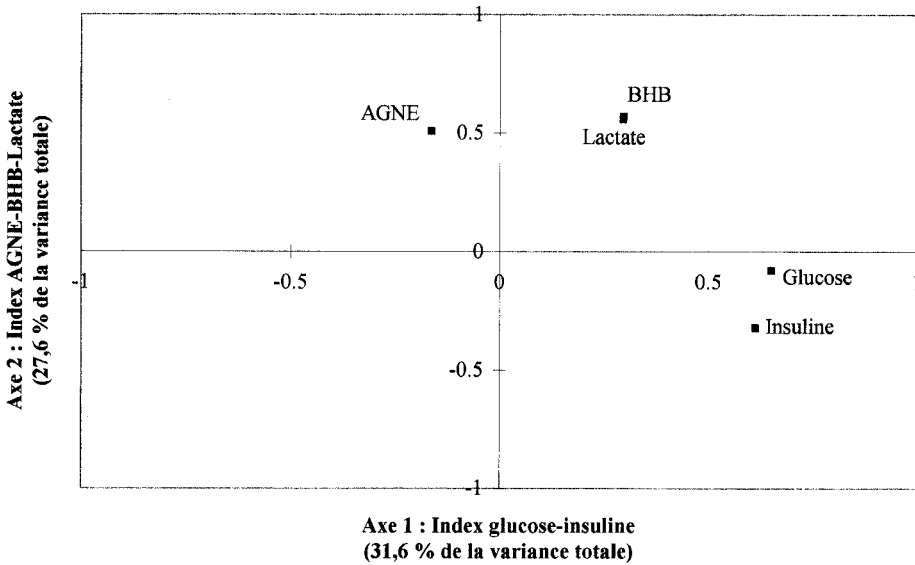


Figure 1. Représentation des variables mesurant l'état nutritionnel des agneaux sur les deux premiers axes de l'ACP. Variables mesurées : concentrations plasmatiques en glucose, insuline, acides gras non estérifiés (AGNE), β -hydroxybutyrate (BHB) et lactate.

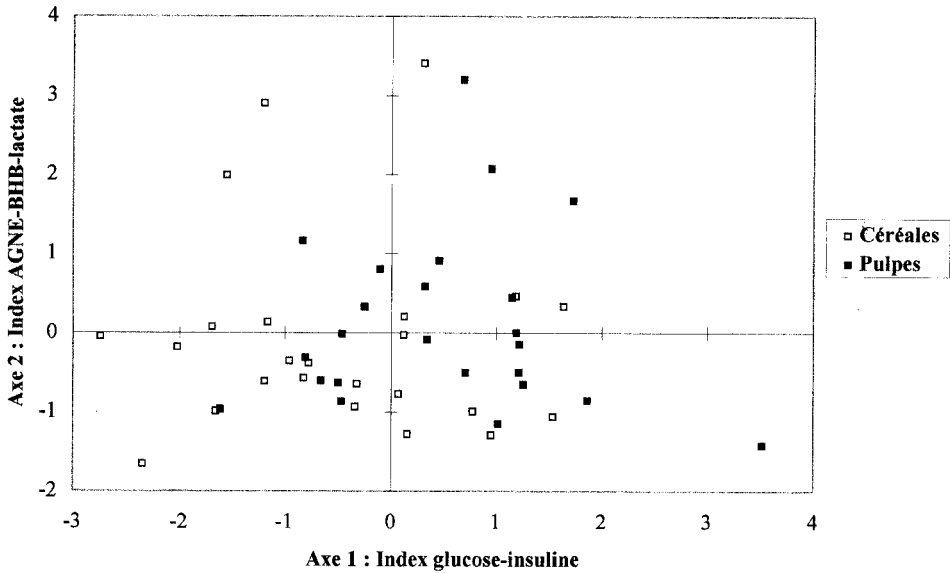


Figure 2. Projection des individus sur les deux premiers axes de l'ACP des concentrations plasmatiques en glucose, insuline, acides gras non estérifiés (AGNE), β -hydroxybutyrate (BHB) et lactate.

eu de différences significatives entre les régimes pour l'index AGNE-BHB-lactate (*figure 2, tableau III*). L'index glucose-insuline est faiblement corrélé à l'ingestion d'énergie ($p = 0,20$). L'index AGNE-BHB-lactate n'est pas corrélé à l'énergie ingérée mais est positivement lié au pourcentage de foin ingéré ($p < 0,01$). Cette relation provient principalement de la teneur en BHB.

3.3. Conformation et état d'engraissement

Les poids de carcasses froides n'ont pas été significativement différents entre les deux lots (*tableau II*). La conformation est apparue globalement médiocre, plus de 80 % des carcasses se situant dans une classe inférieure ou égale à la classe O.

La note d'état d'engraissement et les épaisseurs de gras dorsal et sternal n'ont pas été significativement différentes entre les animaux des lots C et P conformément à la règle de décision d'abattage. Les poids des tissus adipeux internes, omental et périrénal, rapportés au poids de carcasse chaude sont cependant apparus plus élevés dans le lot C que dans le lot P (respectivement : 3,52 vs 2,92 %, $p < 0,05$ et 1,71 vs 1,52 %, p : NS, *tableau IV*).

L'ACP réalisée sur les cinq critères d'appréciation de l'état d'engraissement a permis d'expliquer 70 % de la variabilité

totale par les deux premiers axes. L'axe 1 représente ici l'état d'engraissement externe (note, épaisseurs de gras dorsal et sternal) et l'axe 2, l'état d'engraissement interne (% de gras omental et périrénal rapportés au poids de carcasse) (*figure 3*). Selon une démarche analogue à celle employée pour les paramètres sanguins, deux index synthétiques et indépendants ont été définis : index d'engraissement interne et index d'engraissement externe. Ils ont ensuite été utilisés comme variables descriptives de l'état d'engraissement des animaux. Leurs valeurs ont été plus élevées dans le lot C que dans le lot P mais la différence tend à être significative uniquement pour l'index d'engraissement interne ($p = 0,08$). Ces index ne sont liés ni à l'ingestion d'énergie, ni aux deux index décrivant l'état nutritionnel des animaux.

3.4. Fermeté et couleur des gras

Dans l'ensemble, les carcasses ont été jugées plutôt défavorablement du point de vue de la fermeté des tissus adipeux sous-cutanés. Aucune n'a été notée très ferme et 8 (17 %) ont été classées très molles et huileuses. Les gras des agneaux du lot P ont néanmoins été jugés un peu plus mous que ceux du lot C (3,7 vs 3,4, *figure 4a*) mais la différence n'est pas significative ($p = 0,22$).

Tableau IV. Effet de la nature de l'aliment concentré sur l'état d'engraissement.

	Céréales (n = 24)	Pulpes (n = 24)	ETR ^a	Seuil de signification
Note d'état d'engraissement	3,0	2,9	0,2	NS
Épaisseur de gras dorsal (mm)	4,1	4,0	0,9	NS
Épaisseur de gras sternal (mm)	13,2	13,8	5,3	NS
Poids OM / Poids carcasse chaude (%)	3,52	2,92	0,85	$p < 0,05$
Poids PR / Poids carcasse chaude (%)	1,71	1,52	0,53	NS
Index d'engraissement externe	0,21	-0,19	1,19	NS
Index d'engraissement interne	0,33	-0,34	1,16	$p = 0,08$

Moyennes ajustées des effets bélière, interaction régime-bélière, poids en début d'essai.

NS : non significatif ($p > 0,20$)

^a ETR : écart type résiduel.

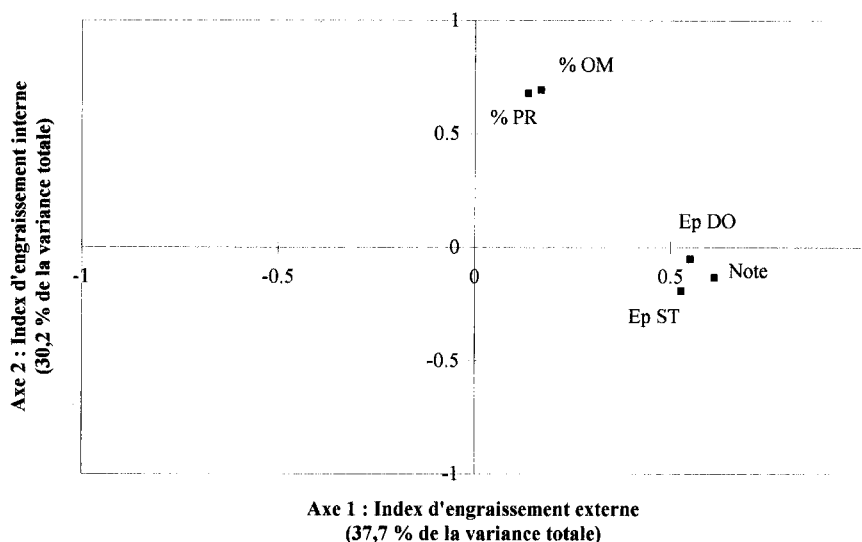


Figure 3. Représentation des variables mesurant l'état d'engraissement sur les deux premiers axes de l'ACP. Variables mesurées : poids des tissus adipeux omental (OM) et périréal (PR) rapportés au poids de carcasse chaude (%), épaisseurs du gras dorsal (Ep DO) et sternal (Ep ST) en mm et note d'état d'engraissement suivant la classification Ofival (note).

Avec le dispositif expérimental mis en place, la fermeté n'apparaît pas liée à l'énergie ingérée et à la vitesse de croissance. De même, elle ne semble pas varier en fonction des index d'engraissement ou des index décrivant l'état nutritionnel des animaux. Par ailleurs, elle est dégradée lorsque le poids en début d'essai augmente ($p < 0,05$) et semble s'améliorer lorsque l'épaisseur de gras dorsal augmente ($p = 0,13$).

Concernant la couleur, le développement des colorations brun-rouge est marqué dans les deux lots bien que les carcasses du lot P soient plus homogènes : seulement quatre carcasses (8 %) ont été jugées claires (note 2) alors que 35 (73 %) ont été jugées légèrement colorées (note 3) avec un peu plus d'animaux du lot P et 9 (19 %) colorées (note 4) avec cette fois une majorité d'animaux du lot C. La nature de l'aliment ne semble pas avoir affecté la coloration du gras de couverture (3,2 pour le lot C vs 3,1 pour le lot P, p : NS, *figure 4b*). En revanche, celle-ci se dégrade avec l'ingestion d'énergie ($p = 0,06$). Par ailleurs, elle semble posi-

tivement liée à l'index glucose-insuline ($p = 0,12$) et à l'index d'engraissement interne ($p = 0,09$) alors qu'il n'y a pas de liaisons avec l'index AGNE-BHB-lactate ou l'index d'engraissement externe.

Les défauts de tenue et couleur sont fréquemment associés mais pas de façon systématique : 20 carcasses ont présenté simultanément des défauts de couleur et de tenue de même intensité, tandis que 22 autres étaient caractérisées par un défaut de tenue plus marqué et 6 par un défaut de couleur plus prononcé.

4. DISCUSSION

4.1. Alimentation et croissance

L'ingestion de matière sèche, plus élevée de 11 % avec le régime à base de pulpes de betteraves est en accord avec les résultats de plusieurs auteurs [5 (essai 2), 19, 33] pour des périodes d'engraissement assez longues et des taux d'incorporation de

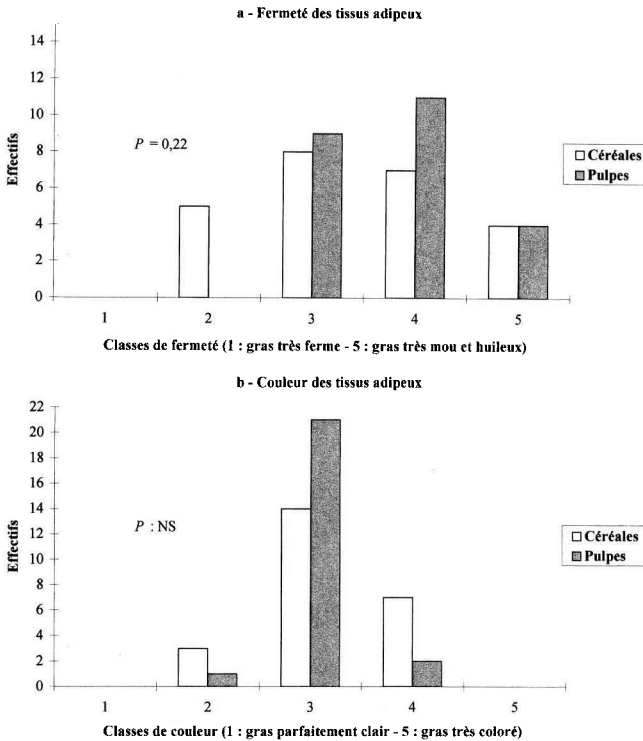


Figure 4. Influence de la nature de l'énergie ingérée sur la fermeté (a) et la couleur (b) des tissus adipeux sous-cutanés ($n = 48$).

pulpes de betteraves allant de 55 à 90 %. Les animaux ont compensé la moindre densité énergétique des aliments à base de pulpes de betteraves par une consommation accrue de matière sèche. La régulation de l'ingestion a sans doute été plus métabolique que physique même si l'augmentation de consommation de l'aliment « pulpes » s'est accompagnée d'une diminution de celle de foin, résultat également observé par Bhat-tacharya et al. [5]. Cependant, dans les études de Matray et al. [22] et Sagot (com. pers.), la compensation ne s'est pas produite, probablement en raison des faibles différences de densités énergétiques des rations. Dans ces derniers essais, l'ingestion de matière sèche a au contraire été légèrement supérieure avec les régimes à faible teneur en pulpes de betteraves comparativement à ceux à plus haute teneur (70 %) et a conduit à une différence de 12,5 % dans les apports d'énergie quotidiens. Cette différence de réponse pourrait

aussi être liée à la race des animaux ou à des problèmes d'appétence des régimes en relation avec leur présentation physique.

Les vitesses de croissances, plus élevées avec l'aliment « pulpes » qu'avec l'aliment « céréales », malgré des quantités d'énergie nette ingérée très voisines, traduisent sans doute une différence d'utilisation métabolique de l'énergie entre les deux régimes. L'aliment « pulpes » semble avoir présenté un meilleur équilibre énergie/PDI que l'aliment « céréales », ce qui pourrait partiellement expliquer l'écart de croissance observé entre les deux lots. En effet, pendant les premières semaines d'engraissement, les animaux du lot C ont ingéré des quantités de PDI insuffisantes pour assurer un niveau de performance identique à celui du lot P, alors que les apports énergétiques étaient excédentaires. Une autre partie de cet écart pourrait provenir d'une sous-estimation de la

valeur nutritive des pulpes de betteraves ou d'une surestimation de la valeur énergétique du régime « céréales » par ignorance des phénomènes d'interaction digestive négative qui seraient principalement induits par les fractions amylacées rapidement digestibles. La plupart des auteurs comparant des régimes à base de céréales à des régimes à forte teneur en pulpes de betteraves ont observé un écart plus ou moins important entre les vitesses de croissance en faveur des agneaux engraisés avec les régimes « pulpes » [5, 16, 19, 33]. Les résultats apparemment contradictoires obtenus par Matray et al. [22] et Sagot (com. pers.) sont liés à la forte diminution de la quantité d'énergie ingérée associée aux taux d'incorporation de pulpes de 55 et 75 %.

Selon les différences de concentration énergétique, d'ingestion et de vitesse de croissance entre les aliments « pulpes » et « céréales », l'indice de consommation ($\text{kg MS}\cdot\text{kg}^{-1}$ de gain) peut être en faveur de l'un ou l'autre des régimes. Ils sont en général assez proches du fait de la compensation partielle d'une moindre concentration énergétique par une consommation accrue d'aliment mais ne sont pas toujours concordants car ce paramètre varie également suivant l'âge des agneaux en début d'essai, la race et la méthode de calcul. Dans notre étude, il est en faveur de l'aliment à forte teneur en pulpes de betteraves comme pour Sagot (com. pers.), tandis qu'il était en faveur de l'aliment à base d'orge pour Kinsella et L'Estrange [19, expérience 2], Thériez et Brun [33] et Matray et al. [22]. Dans certains essais, essentiellement consacrés à la finition des agneaux, l'écart peut dépasser 1 kg de matière sèche ingérée par kg de gain, les régimes à base de pulpes de betteraves présentant les meilleurs indices [5, 16, 19 (expérience 1)].

4.2. État nutritionnel

Les valeurs de la glycémie et de l'index glucose-insuline, plus fortes avec l'aliment

« pulpes », traduisent un statut énergétique supérieur à celui du lot « céréales ». Cela pourrait refléter un flux d'entrée de nutriments énergétiques et protéiques accru avec les pulpes.

La concentration plasmatique en BHB a également été plus élevée dans le lot « pulpes » que dans le lot « céréales ». Cet écart pourrait provenir d'une différence de profils fermentaires ruminiaux et notamment d'une plus forte proportion d'acide butyrique, précurseur du BHB, normalement induite par les régimes riches en glucides solubles comme les pulpes de betteraves [18].

4.3. État d'engraissement

L'état d'engraissement interne des agneaux a été plus élevé avec l'aliment « céréales », ce qui est cohérent avec leur indice de consommation énergétique plus élevé. Ces agneaux, qui à même niveau d'énergie ingérée ont réalisé une croissance moindre, ont stocké l'excédent énergétique sous forme de graisse. C'est vraisemblablement une résultante du léger déséquilibre énergie/azote de l'aliment « céréales ». Indépendamment des quantités de nutriments ingérés, la nature de l'énergie pourrait également avoir modifié la composition de la carcasse, comme l'ont observé Geay et al. [14] chez des taurillons Salers avec des rations isoénergétiques et isoazotées à base de foin ou d'ensilages. Dans notre essai, l'engraissement externe n'a pas été influencé en raison de la règle de décision d'abattage et de la différence de précocité de dépôt des tissus adipeux internes et externes [35]. Matray et al. [22] ont aussi observé un état d'engraissement global plus faible avec les régimes à forte teneur en pulpes de betteraves chez des agneaux de type Mouton Vendéen mais dans cette étude, la différence d'ingestion d'énergie entre lots à faible et forte teneur en pulpes pourrait être un facteur supplémentaire d'explication. Dans d'autres cas, l'état d'engraissement des agneaux n'a

pas été différent entre les régimes à base de pulpes de betteraves et ceux à base de céréales [16, 33, Sagot (com. pers.)]. Dans un essai de Bhattacharya et al. [5, essai 2], les agneaux recevant les régimes à base de pulpes de betteraves ont présenté une épaisseur de gras dorsal plus importante que ceux recevant le régime à base de céréales ; il s'agissait toutefois d'animaux Awasi, race à faible potentiel de croissance, engraisés jusqu'à 55 kg.

4.4. Fermeté et couleur des gras

La substitution des céréales par des pulpes de betteraves n'a pas eu d'effet significatif sur la fermeté des tissus adipeux sous-cutanés et a même plutôt eu tendance à la dégrader. Ceci pourrait être lié à leur taux élevé d'incorporation dans la ration (près de 70 %) associé à une ingestion importante. Les pulpes de betteraves orienteraient les fermentations ruminales vers une moindre formation d'acide propionique comparativement aux autres acides gras volatils [6], mais par ailleurs, elles pourraient produire en début de fermentation une quantité totale d'AGV supérieure à celle produite par des céréales [32]. Ainsi, compte tenu du niveau d'ingestion de matière sèche plus élevé, le flux de propionate pourrait donc être aussi important qu'avec des céréales et de ce fait atténuer les modifications fermentaires attendues de ce type de régime. Bhattacharya et al. [5] ont observé un résultat similaire ; ils ont mesuré des concentrations voisines pour chacun des acides gras volatils ruminaux chez des bœufs alimentés avec des régimes à base d'orge ou de pulpes de betteraves. Il serait alors possible d'avoir de fortes quantités de propionate en excès, utilisées comme précurseur pour la synthèse des acides gras à chaîne carbonée impaire ou ramifiée [13], à faible point de fusion. D'autre part, avec des régimes à base de pulpes de betteraves, les fermentations ruminales pourraient produire davantage de butyrate qu'avec des régimes à base de céréales, comme le

laisse supposer dans notre cas la différence de concentration plasmatique en BHB entre les deux régimes. Cet acide gras volatil pourrait avoir un effet inhibiteur sur l'utilisation néoglucogénique du propionate par le foie [1, 11]. La disponibilité du propionate au niveau des tissus adipeux pourrait alors être augmentée, favorisant ainsi la synthèse d'acides gras caractéristiques des graisses molles. Ces phénomènes pourraient expliquer la plus grande proportion de carcasses jugées molles dans d'autres essais avec des taux d'incorporation de pulpes de betteraves de 75 ou 81 %, comparativement à la proportion obtenue avec des taux de 55 ou 58 % [22, 33].

Par ailleurs, l'absence de liaison entre la fermeté des gras d'une part et l'ingestion d'énergie ou la vitesse de croissance d'autre part semble en contradiction avec la bibliographie. En effet, Busboom et al. [8] et Bozzolo et al. [7] ont observé une proportion plus importante de carcasses présentant des graisses molles pour une ingestion d'énergie ou des vitesses de croissance élevées. Cette absence de relation pourrait provenir de la différence de gamme de variation de la fermeté des gras puisque dans notre cas la majorité des carcasses a reçu les notes 3 ou 4 alors que Bozzolo et al. [7] ont travaillé exclusivement sur des carcasses notées 1 ou 5. De ce fait, il est possible que la vitesse de croissance élevée obtenue avec le régime « pulpes » ait contribué à la dégradation de la qualité des carcasses.

La plupart des essais comparant les effets des pulpes de betteraves et des céréales sur la fermeté des tissus adipeux n'ont pas mis en évidence de différence significative entre ces deux sources d'énergie [19, 26 (agneaux Rouge de l'Ouest mâles), 33, Sagot (com. pers.)]. Mais Matray et al. [22] ont observé une tendance à l'amélioration pour un taux d'incorporation de 55 % jugé optimal, amélioration pouvant tout aussi bien provenir de modifications du profil fermentaire que de la quantité totale d'énergie ingérée, la fermeté des gras paraissant varier de façon

opposée à la vitesse de croissance. D'autres facteurs sont susceptibles d'expliquer cette différence de réponse : la race des agneaux ou l'âge au sevrage. Les agneaux de race Lacaune ont été sevrés précocement et la composition de leurs tissus adipeux a sans doute été largement influencée par l'alimentation solide alors que les agneaux de type Mouton Vendéens, sevrés tardivement (69 j), ont bénéficié plus longtemps des effets positifs de l'allaitement maternel sur la composition des gras.

Dans notre étude, la couleur du gras n'a pas été influencée par le régime contrairement à Matray et al. [22] et Sagot (com. pers.) qui ont enregistré une amélioration de la coloration des gras avec l'incorporation des pulpes. Dans ces derniers essais, comme pour la fermeté, l'effet bénéfique des pulpes pourrait provenir de la diminution du niveau d'ingestion d'énergie.

5. CONCLUSION

Pour des agneaux à fort potentiel de croissance et ayant une capacité d'ingestion importante, l'incorporation d'une proportion élevée de pulpes de betteraves dans la ration n'a pas pénalisé les performances. Au contraire, les vitesses de croissance ont été supérieures en raison d'un équilibre énergie/azote sans doute un peu faible avec l'aliment à base de céréales, les indices de consommation restant néanmoins voisins. Ceci a également conduit à la production de carcasses légèrement plus maigres au niveau de l'engraissement interne. En ce qui concerne la qualité des gras de couverture, la fermeté et la couleur n'ont en revanche pas été améliorées par l'incorporation de pulpes ; la fermeté a même eu tendance à se dégrader avec ce régime. L'incorporation d'un taux élevé de pulpes de betteraves pourrait ne pas avoir réduit les quantités d'acide propionique disponible pour la synthèse des acides gras à faible point de fusion. Ces résultats qui vont à l'encontre des recommandations techniques habituelles

devront être confirmés en essayant de séparer les effets liés à la quantité de ceux liés à la nature de l'énergie ingérée et en s'intéressant plus particulièrement à l'orientation des fermentations ruminales.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'équipe de la bergerie expérimentale de Theix pour les soins apportés à cet essai, Michel Matray pour la notation des carcasses, Françoise Ternois pour les analyses de laboratoire et Thierry Brun pour l'aide fournie dans les traitements statistiques des données.

RÉFÉRENCES

- [1] Aiello R.J., Armentano L.E., Bertics S.J., Murphy A.T., Volatile fatty acid uptake and propionate metabolism in ruminant hepatocytes, *J. Dairy Sci.* 72 (1989) 942-949.
- [2] Arousseau B., Thériez M., Daniel M., Influence de la nature des matières grasses incorporées dans l'aliment d'allaitement sur le métabolisme lipidique de l'agneau de boucherie, *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 13 (1973) 93-105.
- [3] Bas P., Morand-Fehr P., Van Quackebeke E., Cazes J.P., Étude du caractère mou des gras de couverture de certaines carcasses d'agneaux, in : 31^e réunion annuelle de la Fédération européenne de zootechnie, Munich, 1-4 septembre 1980.
- [4] Bas P., Giral B., Rouzeau A., Défauts de qualité des gras de couverture des agneaux de race Lacaune élevés en bergerie, in : Flamant J.C., Gabina D., Espejo Diaz M. (Eds), *Proceedings of the International Symposium on basis of the quality of typical Mediterranean animal products*, Badajoz, 29 septembre - 2 octobre 1996, Wageningen Pers, Wageningen, EAAP Publication 90, 1998, pp 451-455.
- [5] Bhattacharya A.N., Khan T.M., Uwayjan M., Dried beet pulp as a sole source of energy in beef and sheep rations, *J. Anim. Sci.* 41 (1975) 616-621.
- [6] Berge P., Dulphy J.P., Étude des interactions entre fourrage et aliment concentré chez le mouton. II. Facteurs de variation de la digestibilité, *Ann. Zootech.* 40 (1991) 227-246.
- [7] Bozzolo G., Bouillier-Oudot M., De Boisseson E., Ghassan E., Grasset D., Influence des performances zootechniques sur les caractéristiques des tissus adipeux d'agneaux de bergerie, sevrés précocement et alimentés avec un régime à forte concentration énergétique, *Ann. Zootech.* 39 (1990) 77-94.

- [8] Busboom J.R., Miller G.J., Field R.A., Crouse J.D., Riley M.L., Nelms G.E., Ferrell C.L., Characteristics of fat from heavy ram and wether lambs, *J. Anim. Sci.* 52 (1981) 83–92.
- [9] Cazes J.P., Vallade C., Van Quackebeke E., Effect of concentrates on quality of subcutaneous adipose tissue of lamb carcasses, *World Rev. Anim. Prod.* 15 (1990) 55–62.
- [10] Chapoutot P., Études de la dégradation in situ des constituants pariétaux des aliments pour ruminants, thèse de l'INA P-G, 1998.
- [11] Demigné C., Yacoub C., Morand C., Rémésy C., Interactions between propionate and amino acid metabolism in isolated sheep hepatocytes, *Br. J. Nutr.* 65 (1991) 301–317.
- [12] Duncan W.R.H., Ørskov E.R., Garton G.A., Fatty acid composition of triglycerides of lambs fed on barley-based diets, *Proc. Nutr. Soc.* 31 (1972) 19A–20A.
- [13] Garton G.A., De B. Hovell F.D., Duncan W.R.H., Influence of dietary volatile fatty acids on the fatty-acid composition of lamb triglycerides, with special reference to the effect of propionate on the presence of branched-chain components, *Br. J. Nutr.* 28 (1972) 409–416.
- [14] Geay Y., Picard B., Jailler R., Jailler R.T., Listrat A., Jurie C., Bayle M.C., Touraille C., Effets de la nature de la ration sur les performances, les caractéristiques musculaires et la qualité de la viande de taurillons Salers, *Renc. Rech. Ruminants*, 4 (1997) 307–310.
- [15] Giger-Reverdin S., Aufrère J., Sauviant D., Demarquilly C., Vermorel M., Prediction of the energy values of compound feeds for ruminants, *Anim. Feed Sci. Technol.* 48 (1994) 73–98.
- [16] Herve M.P., Williams G.L., The effects of dried sugar beet pulp and barley based diets on growth and carcass characteristics of Welsh mountain male lambs, *Anim. Prod.* 26 (1978) 379.
- [17] Inra, Alimentation des bovins, ovins et caprins, Inra, Paris, 1988.
- [18] Jarrige R., Ingestion et digestion des aliments, in : Inra (Eds.), Alimentation des bovins, ovins et caprins, Inra, Paris, 1988, pp. 29–56.
- [19] Kinsella A.J., L'Estrange J.L., The performance of lambs fed indoors on concentrate diets based on whole barley or molassed beet pulp with or without supplementation with monensin sodium, *Anim. Prod.* 30 (1980) 483.
- [20] Legrand I., Dossier qualité du gras (1^e partie), *Pâtre* 411 (1994) 21–31.
- [21] Legrand I., Jabet S., Dossier qualité du gras (2^e partie), *Pâtre* 412 (1994) 17–32.
- [22] Matray M., Sagot L., Van Quackebeke E., Influence de la composition du régime d'engraisement sur la qualité des carcasses d'agneaux, *Renc. Rech. Ruminants* 1 (1994) 205–208.
- [23] Michalet-Doreau B., Sauviant D., Influence de la nature du concentré, céréales ou pulpe de betteraves sur la digestion chez les ruminants, *Inra Prod. Anim.* 2 (1989) 235–244.
- [24] Minitab, Reference manual, Minitab Inc., State College, PA, 1996.
- [25] Molénat G., Thériez M., Influence du mode d'élevage sur la qualité de carcasse de l'agneau de bergerie, *Ann. Zootech.* 22 (1973) 279–293.
- [26] Normand J., Bas P., Gouédard A., Pottier E., Aurousseau B., Matray M., Thériez M., Sauviant D., Fermeté et composition des tissus adipeux sous-cutanés chez l'agneau de bergerie : effets du sexe, de l'alimentation et de l'origine paternelle, *Renc. Rech. Ruminants* 4 (1997) 303–306.
- [27] Ofival, Catalogue de classement E.U.R.O.P. (Moutons), Application de l'arrêté du 29 octobre 1976.
- [28] Russel A.J.F., Doney J.M., Gunn R.G., Subjective assessment of body fat in live sheep, *J. Agric. Sci. Camb.* 72 (1969) 451–454.
- [29] SAS Institute Inc., SAS/STAT user's Guide, Version 6, Fourth Edition, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989.
- [30] SAS Institute Inc., SAS system for mixed models, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1996.
- [31] Sauviant D., Bas P., Morand-Fehr P., Production de chevreaux lourds. II. Influence du niveau d'ingestion de lait et du sevrage sur les performances et la composition du tissu adipeux, *Ann. Zootech.* 28 (1979) 73–92.
- [32] Schmidely P., Archimède H., Bas P., Rouzeau A., Muñoz S., Sauviant D., Effects of the synchronization of the rate of carbohydrates and nitrogen release of the concentrate on rumen fermentation, plasma metabolites and insulin, in the dry pregnant goat, *Anim. Feed Sci. Technol.* 63 (1996) 163–178.
- [33] Thériez M., Brun J.P., Utilisation des pulpes de betteraves déshydratées par l'agneau à l'engraisement, *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, I.N.R.A.* 54 (1983) 27–30.
- [34] Van Quackebeke E., Cazes J.P., Vallade C., Alimentation et qualité des gras, in : 4^e Journées de la Recherche Ovine et Caprine, 1978, pp. 295–311.
- [35] Vigneron P., Prud'hon M., Touraille C., Valin C., Bouix J., Bibé B., Croissance des agneaux - Types de fibres musculaires et qualité de la viande - Muscles indicateurs, in : 11^e Journées de la Recherche Ovine et Caprine, 1986, pp. 49–73.