



HAL
open science

**Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise.
Effet d'un apport de tourteau de lin sur les
performances d'engraissement et les propriétés
physico-chimiques et sensorielles de la viande**

R. Dumont, M. Roux, Christian Touraille, Jacques Agabriel, Didier D. Micol

► **To cite this version:**

R. Dumont, M. Roux, Christian Touraille, Jacques Agabriel, Didier D. Micol. Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise. Effet d'un apport de tourteau de lin sur les performances d'engraissement et les propriétés physico-chimiques et sensorielles de la viande. *Productions Animales*, 1997, 10 (2), pp.163-174. hal-02697906

HAL Id: hal-02697906

<https://hal.inrae.fr/hal-02697906v1>

Submitted on 1 Jun 2020

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 à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

R. DUMONT, M. ROUX,
C. TOURAILLE *, J. AGABRIEL **,
D. MICOL **, avec la collaboration
technique de D. CONTOUR ***
et M.C. BAYLE *

INRA-ENESAD Laboratoire associé de
recherches zootechniques, 26 Bd Docteur-
Petitjean, BP 1607, 21036 Dijon Cedex

* INRA Station de recherches sur la viande, Theix
63122 Saint-Genès-Champanelle

** INRA Laboratoire Adaptation des Herbivores
aux milieux, Theix 63122 Saint-Genès-Champanelle

*** INRA Domaine d'Epoisses, 21110 Bretenières

Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise Effet d'un apport de tourteau de lin sur les performances d'engraissement et les propriétés physico-chimiques et sensorielles de la viande

Actuellement le tourteau de lin ne représente plus que 2 à 3 % de la consommation totale de tourteaux en alimentation animale. Ce tourteau était pourtant réputé améliorer les qualités organoleptiques de la viande, comme cela a pu être montré chez des génisses Charolaises. L'étude présentée dans cet article évalue, par comparaison au tourteau de soja, l'effet d'un apport de tourteau de lin sur les performances de finition et la qualité de la viande de vaches de réforme Charolaises.

Résumé

L'utilisation du tourteau de lin comme complément protéique des rations de finition des vaches de réforme de race Charolaise a été étudiée au cours de deux essais successifs. L'objectif était d'évaluer, par comparaison au tourteau de soja, l'effet d'un tourteau de lin dosant 2,5 % de matières grasses, à deux niveaux d'apport, sur la reprise de poids, l'efficacité alimentaire, les dépôts de muscle et de tissu adipeux et les propriétés sensorielles et physico-chimiques des viandes.

Pour chaque essai, 45 vaches d'un âge moyen de 5 ans et demi ont été réparties en 5 lots homogènes sur des critères d'âge, de poids vif et d'état d'engraissement : un lot de 5 vaches a été abattu au début de la période d'engraissement comme témoin initial maigre et 4 lots de 10 vaches (soja 90, lin 90, soja 160, lin 110) ont été engraisés avec des régimes isoénergétiques et à proportion constante d'aliments concentrés, composés d'ensilage de maïs, de pulpes de betteraves déshydratées et de tourteaux de soja ou de lin. Les lots soja 90 et lin 90 ont reçu respectivement 0,65 kg de MS de tourteau de soja et 1,4 kg de MS de tourteau de lin par vache et par jour, soit un niveau de 90 g de PDI par UFL pour l'ensemble de la ration. Les lots soja 160 et lin 110 ont reçu respectivement 3,5 et 4 kg de MS de tourteau de soja et de tourteau de lin soit 160 et 110 g de PDI par UFL. Toutes les vaches ont été abattues à même durée moyenne d'engraissement, soit 80 jours pour l'essai 1 et 58 jours pour l'essai 2.

La reprise de poids obtenue avec le tourteau de lin est d'un niveau élevé, en moyenne 1 500 g par jour, et au minimum égale à celle observée avec le tourteau de soja. Elle ne varie pas significativement avec le niveau protéique des rations et s'explique par un niveau d'ingestion également important, de 14,1 à 14,5 kg de MS par vache et par jour respectivement pour les essais 1 et 2. Les vaches, abattues à un poids vif moyen de 710 kg, produisent des carcasses pesant 392 kg ce qui correspond à un rendement vrai de 65,1 % et à un rendement commercial de 54,2 %. La source protéique comme le niveau azoté des rations n'ont pas d'effet significatif sur les poids vifs vides et de carcasse, sur les rendements à l'abattage ou la conformation des carcasses.

A même poids de carcasse et à même durée d'engraissement, l'apport de tourteau de lin favorise l'engraissement des animaux. Ainsi lorsqu'il est distribué à raison de 1,4 kg de MS par vache et par jour, les dépôts adipeux sous-cutanés ont tendance à s'accroître (+ 13 %). A un niveau d'apport de 4 kg, cet engraissement s'accroît au niveau sous-cutané (+ 25 %), du gras du 5^e quartier (+ 12 %), du tissu adipeux de la carcasse (+ 10 %) et des lipides intramusculaires (+ 7 et + 19 % selon le muscle). Pour le niveau protéique de 90 g de PDI par UFL, le poids de muscle déposé au cours de la finition se situe entre 22 et 24 kg quelle que soit la nature du tourteau. La suralimentation protéique réalisée avec le tourteau de lin se traduit par un dépôt supplémentaire de gras (de + 6 à + 9 kg) alors qu'avec le tourteau de soja, c'est la synthèse musculaire qui a tendance à s'accroître.

Les analyses sensorielles et physico-chimiques montrent que l'apport de tourteau de lin en remplacement du tourteau de soja n'améliore ni ne détériore la qualité organoleptique des viandes.

Traditionnellement, le tourteau de lin était couramment utilisé dans l'alimentation des bovins, particulièrement pour la préparation des animaux aux concours et expositions. Il a longtemps été préconisé pour compléter les rations des bovins, surtout lorsque les fourrages étaient de qualité médiocre, mais également « pour redonner un aspect florissant au bétail fatigué ou affaibli et pour le finissage des bovins à l'engrais » (Piccioni 1965). Il était réputé améliorer la qualité organoleptique de la viande en accroissant notamment la teneur en gras intramusculaire « qui donne le fondant ».

Aujourd'hui, le tourteau de lin est encore recherché par certains éleveurs et vanté par quelques bouchers, mais son utilisation en alimentation animale est limitée : elle ne représente plus que 2 à 3 % de la consommation totale des tourteaux depuis 1975 alors qu'elle atteignait 10 à 15 % dans les années 1960 (Evrard 1992). Ces tourteaux sont en presque totalité importés d'Argentine (75-85 %) sous forme d'expeller, de Belgique et d'Allemagne (10-20 %) qui fournissent des tourteaux d'extraction totalement déshuilés et également de l'expeller, et du Royaume-Uni (1-2 %) (Duphot 1993). Les tourteaux expeller sont riches en matières grasses : de 4 à 7,9 % contre 2,5 % pour les tourteaux d'extraction (Lennerts 1988).

La pellicule de la graine de lin contient 43 % d'arabinose et de xylose, oses constitutifs des pentosanes (teneur deux fois plus élevée que dans le soja et le colza). Ces pentosanes sont caractéristiques des mucilages, polysaccharides neutres et acides contenus dans l'épiderme, couche cellulaire externe de la pellicule de la graine (Bureau et Evrard 1993) et se retrouvent donc dans le tourteau. Ces mucilages très hygroscopiques, du fait de leur fort pouvoir de rétention d'eau et des propriétés de viscosité qui en découlent, jouent un rôle dans la régulation du transit digestif, vraiment appréciable chez le cheval, le veau et le bovin à l'engrais (Robin 1992).

Le tourteau de lin contient des facteurs antinutritionnels tels que des hétérosides cyanogènes (linastine, néolinustatine, linamarine) (Batterham *et al* 1991, Bureau et Evrard 1993) et un facteur antipyridoxine (la linatine), auxquels le porc et les volailles sont particulièrement sensibles, mais qui présentent peu d'inconvénients pour les ruminants.

Peu de données nutritionnelles récentes sont disponibles pour cet aliment. Sa valeur

énergétique est élevée, 1,06 UFL et 1,02 UFV par kg de matière sèche et sa valeur protéique est proche de celle d'un tourteau de colza, soit 123 g de PDIA, 237 g de PDIN et 170 g de PDIE par kg de matière sèche (INRA 1988). Les protéines du tourteau de lin sont déficientes en lysine : 6,13 LysDI % PDIE contre 7,01 pour le tourteau de soja 48 (Rulquin *et al* 1993). L'utilisation du tourteau de lin pour l'engraissement des bovins et son effet éventuel sur la qualité de la viande a fait l'objet de quelques études. Ainsi chez la génisse de race Charolaise, la substitution du tourteau de soja par le tourteau de lin n'entraîne aucune modification des performances de gain de poids, de poids de carcasse et d'état d'engraissement et permet d'accroître significativement l'intensité de la flaveur de la viande à la dégustation, la tendreté et la jutosité n'étant pas modifiées (Durand *et al* 1992). Chez le bœuf de race Charolaise, Berge *et al* (1993) ont mis en évidence un effet positif du tourteau de lin sur le gain de poids, mais ont observé une dégradation de la jutosité de la viande à la dégustation.

Dans le cadre du programme de recherche de références sur les conditions de finition de la vache de réforme de race Charolaise et sur l'évaluation des propriétés physico-chimiques et sensorielles des viandes développée à l'INRA-ENESAD depuis 1986 (Dumont *et al* 1991, Roux *et al* 1993), il nous a semblé souhaitable de mettre en évidence les effets éventuels d'une supplémentation protéique à base de tourteau de lin.

1 / Conditions expérimentales

Les vaches achetées à l'automne, âgées de 4 à 6 ans, avaient réalisé une lactation au moins et trois au plus ; elles étaient tarées après avoir allaité leur veau et non gestantes. Elles étaient en bon état sanitaire et suffisamment maigres.

1.1 / Schéma expérimental

Deux essais factoriels successifs portant chacun sur 45 vaches ont permis de tester les effets de la nature de la supplémentation protéique de la ration (tourteau de soja ou tourteau de lin), à deux niveaux différents d'apport, sur les performances d'engraissement des animaux et sur les critères de qualité des

Tableau 1. Caractéristiques des animaux à la mise en lot (T : témoin maigre).

Lot	Essai 1					Essai 2				
	soja 90	lin 90	soja 160	lin 110	T	soja 90	lin 90	soja 160	lin 110	T
Nombre de vaches ⁽¹⁾	10	9	8	9	4	9	10	9	10	5
Poids vif (kg)	578	590	574	574	571	604	601	601	601	604
Age (années)	5,4	5,4	4,9	5,2	5,2	5,7	4,9	5,3	5,3	6,4
Note d'état ⁽²⁾	1,30	1,33	1,31	1,25	1,25	1,44	1,50	1,44	1,58	1,45
Hauteur au garrot (cm)	133	134	132	132	131	133	133	132	133	131

⁽¹⁾ Inférieur à l'effectif initial, suite à l'élimination, au cours de l'analyse des résultats, de certaines vaches gestantes ou accidentées.

⁽²⁾ Note de 0 à 5 (Agabriel *et al* 1986).

carcasses et de la viande. Dans chaque essai, les 45 vaches ont été réparties avant le début de la période expérimentale en 5 lots homologues intra-essai sur la base de l'âge, du poids vif (double pesée), de la hauteur au garrot et de l'état d'engraissement apprécié par maniements (tableau 1). Un lot de 5 vaches a été abattu au début de la période expérimentale comme témoin initial, ce qui a permis d'estimer la reprise de poids de carcasse et sa composition tissulaire. Les quatre lots de 10 vaches ont été engraisés avec un régime à base d'ensilage de maïs plante entière complétement avec un tourteau de soja ou un tourteau de lin dosant 2,5 % de matières grasses, distribués chacun à deux niveaux différents.

Les vaches des lots soja 90 et lin 90 ont reçu des quantités de tourteau devant permettre un apport azoté de l'ensemble de la ration ingérée de 90 g de PDI/UFL correspondant aux recommandations INRA (1988). Les vaches des lots soja 160 et lin 110 ont reçu des quantités élevées de tourteau permettant d'apporter la même quantité d'énergie par les aliments concentrés (4,2 UFL par vache et par jour) mais à différents niveaux azotés (160 et 110 g de PDI/UFL respectivement pour le soja et le lin). Pour atteindre le même niveau d'apport énergétique par les aliments concentrés, les vaches des lots soja 90 et lin 90 ont reçu, de plus, des pulpes de betteraves déshydratées.

Enfin, pour obtenir des rations isoénergétiques, les quantités d'ensilage de maïs ingérées par les vaches des lots lin 90, soja 160 et lin 110 ont été ajustées sur celle ingérée *ad libitum* par les vaches du lot soja 90.

La durée d'engraissement a été déterminée de telle façon que les vaches du lot soja 90 soient abattues à un état d'engraissement jugé optimum et que la durée moyenne d'engraissement soit la même pour chacun des lots, ce qui correspond à 80 jours pour l'essai 1 et à 58 jours pour l'essai 2. Toutefois, les abattages ont été étalés sur une période de 4 semaines compte tenu des conditions de travail de l'abattoir expérimental.

1.2 / Déroulement des essais

Dès l'arrivée des animaux, une période préliminaire (20 jours) a permis d'effectuer les traitements sanitaires et d'homogénéiser les états d'engraissement en distribuant des quantités limitées selon l'état des animaux d'une ration à base de paille et de foin. La phase suivante d'accoutumance a permis d'adapter les animaux au régime expérimental ; les vaches ont reçu pendant 14 jours une ration composée de 6 kg de matière sèche d'ensilage de maïs, 0,2 kg de tourteau de soja et 0,15 kg de complément minéral. Les lots ont été constitués au terme de cette période. Les quantités d'ensilage de maïs ont ensuite été progressivement augmentées pour atteindre la consommation *ad libitum* dans un délai de 3 jours pour l'essai 1 et de 5 jours pour l'essai 2. La période d'engraissement

proprement dite a alors débuté et les animaux témoins maigres ont été abattus.

L'engraissement a été réalisé en stabulation libre par case de 10 animaux. L'ensilage de maïs était distribué en deux repas par jour, les aliments concentrés étant ajoutés à la ration d'ensilage de maïs avant chaque repas. Au cours de la période expérimentale, les quantités ingérées d'ensilage de maïs ont été contrôlées par lot, 5 jours par semaine par pesées des quantités distribuées et refusées. Pour les traitements lin 90, soja 160, lin 110, les quantités d'ensilage distribuées ont été ajustées chaque semaine sur la consommation des animaux du lot soja 90.

La valeur nutritive des aliments a été estimée à partir des résultats de l'analyse chimique d'échantillons représentatifs. La valeur nutritive de l'ensilage de maïs a été calculée après correction suite aux données d'analyse de la qualité fermentaire, à partir de sa teneur en cellulose brute selon Andrieu *et al* (1981) et Andrieu et Demarquilly (1988). La valeur énergétique de l'ensilage de maïs est plus faible dans l'essai 2 que dans l'essai 1 (tableau 2). Cette différence peut s'expliquer par les conditions de récolte et la teneur en matière sèche en moyenne beaucoup plus élevée pour l'essai 2. Les valeurs nutritives des aliments concentrés ont été déterminées selon Sauviant *et al* (1987) et Aufrère *et al* (1989) (tableau 2).

Les vaches ont été pesées une fois par semaine ; une double pesée a eu lieu au début et à la fin de chaque période. Le gain de poids vif moyen a été estimé individuellement par régression linéaire ou quadratique.

1.3 / Mesures à l'abattage

Toutes les vaches ont été abattues à l'abattoir expérimental de l'INRA de Theix. Les carcasses et les principaux éléments du 5^e quartier ont été pesés séparément (dépôts adipeux notamment). Puis, pour le ressuage, les carcasses ont été laissées 3 heures à 8-12 °C puis refroidies en chambre de réfrigération rapide pendant 24 heures (+ 2 °C).

La conformation des carcasses a été appréciée selon la grille EUROP et par mensurations (Frebling *et al* 1967). Les mesures suivantes ont été réalisées : longueur de la carcasse (LT), profondeur de poitrine externe (PPE), distance jarret-symphyse (JS), épaisseurs du faux-filet (EPFF) et de la cuisse (EPCU). Deux indices de compacité ont été calculés : poids de carcasse froide / longueur totale (PCF/LT), épaisseur de cuisse / distance jarret-symphyse (EPCU/JS).

Pour le lot témoin maigre, la composition tissulaire de la carcasse a été déterminée par dissection en séparant au couteau les différents tissus (muscles, os, dépôts adipeux) d'une demi-carcasse.

Pour tous les animaux, la composition de la carcasse a été estimée à partir des résultats de dissection de la 6^e côte, du poids des dépôts adipeux du 5^e quartier et du poids des 4 os

Tableau 2. Composition chimique et valeur nutritive des aliments.

	Ensilage de maïs		Tourteau soja 48	Tourteau soja tanné	Tourteau de lin	Pulpes de betteraves
	Essai 1	Essai 2				
Matière sèche (%)	32,0	40,0	87,8	87,1	89,2	86,1
Composition chimique (% MS)						
- Matière organique	96,2	95,5	93,2	93,0	94,1	89,2
- Matières azotées totales	7,7	7,7	51,2	52,6	35,2	10,1
- Cellulose brute	20,0	22,3	7,1	7,0	11,9	17,3
- Matières grasses totales	-	-	1,5	1,5	2,2	-
Valeur nutritive						
- Energie nette (UFL/kg MS)	0,90	0,85	1,18	1,18	1,00	1,00
- PDIN (g/kg MS)	47	47	365	426	244	65
- PDIE (g/kg MS)	68	66	253	387	178	106
- PDIA (g/kg MS)	17	17	195	342	126	41
- LysDI (% PDIE) ⁽¹⁾	6,90	6,92	7,01	6,90	6,13	7,78
- MetDI (% PDIE) ⁽¹⁾	1,97	1,98	1,52	1,43	1,60	1,89

⁽¹⁾ selon les tables de Rulquin et al (1993)

canons à partir des équations suivantes (J. Robelin, non publié).

$$\text{DAC} = -21,4 + 0,2172 \text{ PCC} + 56,915 \text{ DA6c} - 26,645 \text{ MU6c} + 1,074 \text{ DA5qt} \quad (\text{Sxy} = 6,19)$$

$$\text{MUC} = -47,47 + 0,8357 \text{ PCC} - 42,378 \text{ DA6c} + 19,363 \text{ MU6c} - 1,638 \text{ DA5qt} \quad (\text{Sxy} = 5,06)$$

$$\text{SQC} = 0,14 + 75,237 \text{ SQ6c} + 11,702 \text{ P4ca} \quad (\text{Sxy} = 2,76)$$

avec :

DAC = dépôts adipeux de la carcasse (kg)

MUC = muscle de la carcasse (kg)

SQC = squelette de la carcasse (kg)

PCC = poids de carcasse chaude (kg)

DA6c = dépôts adipeux de la 6^e côte (en kg)

MU6c = muscle de la 6^e côte (en kg)

SQ6c = squelette de la 6^e côte (en kg)

DA5qt = dépôts adipeux du 5^e quartier (en kg)

P4ca = poids des 4 os canons (en kg)

14 / Analyses sensorielles et physico-chimiques de la viande

Tous les muscles étudiés ont été prélevés sur les carcasses 24 heures environ post mortem.

Pour mettre en évidence un effet éventuel du tourteau de lin sur la qualité organoleptique des viandes, des analyses sensorielles ont été réalisées en comparant les lots extrêmes soja 90 et lin 110. Elles ont porté sur les muscles *longissimus thoracis* (faux-filet) et *triceps brachii* (macreuse à bifteck) conservés sous vide 14 jours à 0 °C afin d'obtenir une maturation complète. A ce stade, les muscles ont été coupés en tranches de 2 cm d'épaisseur, emballés sous vide puis congelés rapidement à -20 °C et conservés à cette température jusqu'au jour de l'analyse. Les steaks ont été décongelés pendant la nuit précédant la séance d'analyse sensorielle puis cuits sur un grill double face pendant 3 minutes environ afin d'atteindre une température à cœur de 55-60 °C. Les séances de dégustation ont eu lieu le matin entre 11 et 12 heures avec la

participation à chaque séance de 10 personnes ayant suivi au préalable 10 séances d'entraînement. Elles ne connaissaient ni la provenance des échantillons, ni le protocole suivi. Les échantillons à comparer (soja 90-lin 110) étaient présentés simultanément deux à deux. Les dégustateurs disposaient de pain et d'eau pendant le test et notaient sur une échelle à 10 points : la tendreté de 0 (très dur) à 10 (très tendre), la jutosité de 0 (très sec) à 10 (très juteux) et l'intensité de la flaveur de 0 (très faible) à 10 (très intense).

Des mesures physico-chimiques ont été faites pour tous les animaux sur les muscles *longissimus thoracis* et *rhomboideus thoracis* prélevés au niveau des 5^e et 6^e côtes. Les mesures suivantes ont été faites sur viande fraîche ayant mûri 6 jours à 4°C :

- la force maximale de cisaillement correspondant à une section de l'échantillon de 1x1 cm mesurée avec l'appareil à cisailier INRA (Salé 1971). Ces mesures ont été faites sur viande crue et sur viande cuite. Pour la cuisson, des morceaux pesant 50 g environ ont été chauffés à l'étuve jusqu'à une température moyenne à cœur de 56 °C, ce qui permet simultanément d'estimer les pertes de poids à la cuisson ;

- le pH sur viande broyée ;
- la teneur en matière sèche par dessiccation à l'étuve à 103 °C pendant 48 heures ;
- le pouvoir de rétention d'eau par mesure de la perte d'eau sous l'effet d'une pression selon la méthode de Goutefongea (1963).

Certaines analyses chimiques ont été faites sur broyats de viande congelés : les lipides totaux par extraction à froid avec un mélange de chloroforme-méthanol (rapport 2/1 en volume) selon une méthode adaptée de Folch et al (1957), le collagène total (hydroxyproline x 7,5) : l'hydroxyproline est extraite par hydrolyse acide (HCl 6N, 16 heures) puis dosée par colorimétrie à l'autoanalyseur avec étalonnage selon la méthode manuelle AFNOR 1987, la solubilité hydrothermique du collagène selon Bonnet et Kopp (1992) par

chauffage à 90 °C dans une solution tampon pendant 2 heures puis dosage du collagène insoluble résiduel. Ces deux derniers dosages n'ont pu être effectués que sur le seul muscle *longissimus thoracis*.

1.5 / Interprétation des résultats

Les résultats ont été interprétés par analyse de variance d'un dispositif factoriel où les facteurs suivants ont été pris en compte :

- type de complémentation protéique (4 modalités : soja 90, lin 90, soja 160 et lin 110) et interaction essai x type de complémentation pour les données de reprise de poids, les données d'abattage et les caractéristiques physico-chimiques musculaires ;
- source protéique (soja 90, lin 110), muscle et animal pour les résultats des analyses sensorielles.

2 / Résultats

2.1 / Performances d'engraissement des vaches

a / Poids et gain de poids (tableau 3)

La conduite de l'engraissement a été sensiblement la même pour les deux essais. Toutefois, la durée d'engraissement de l'essai 2 a été plus courte que celle de l'essai 1 (58 jours contre 80). Cette réduction peut se justifier par l'état corporel initial des animaux (note moyenne de 1,5 pour l'essai 2 contre 1,3 pour l'essai 1, cf. tableau 1) et par le poids initial également plus élevé d'environ 23 kg dans

l'essai 2. De plus, la durée moyenne de finition a été volontairement réduite dans le second essai pour limiter l'état d'engraissement à l'abattage qui était apparu excessif pour l'essai 1. Intra-essai, les durées d'engraissement sont identiques d'un lot à l'autre (rations isoénergétiques) mais très variables d'un animal à l'autre (de 63 à 91 jours pour l'essai 1, de 31 à 73 jours pour l'essai 2).

Les poids vifs moyens à l'abattage sont de 720 et 700 kg respectivement pour les essais 1 et 2 ; la reprise de poids au cours de la finition atteint un niveau élevé : de l'ordre de 125 et 84 kg de poids vif par vache respectivement pour les essais 1 et 2, correspondant à un gain moyen journalier de l'ordre de 1 500 g pour les deux essais, très variable d'un animal à l'autre : de 810 à 2 400 g/j (essai 1) et de 270 à 2 520 g/j (essai 2).

La comparaison des 4 traitements soja 90, lin 90, soja 160, lin 110 ne met pas en évidence de différence significative de reprise de poids (tableau 3). Ainsi, pour chacun des deux essais, les reprises de poids obtenues avec le tourteau de lin sont d'un niveau élevé, et au minimum équivalentes à celles observées avec le tourteau de soja.

Enfin, l'augmentation des apports en tourteau de lin (4 kg vs 1,4 kg) ne permet pas d'améliorer significativement la reprise de poids, de la même façon que la suralimentation protéique réalisée avec le tourteau de soja.

b / Quantités ingérées et efficacité alimentaire

Les vaches du traitement soja 90 qui ont reçu l'ensilage de maïs à volonté ont

La reprise de poids, de l'ordre de 1,5 kg/j, est satisfaisante et identique pour les tourteaux de lin et de soja.

Tableau 3. Effet du type et du niveau des apports protéiques pendant la finition sur les performances de la vache de réforme de race Charolaise.

	Effectif	Durée de finition (j)	Poids vif initial (kg)	Poids vif final (kg) ⁽¹⁾	Gain de poids (g/j)
Effet essai		**	*	**	ns
Essai 1	36	80	594	719	1 560
Essai 2	38	58	617	701	1 450
Effet complémentation		ns	ns	ns	ns
Soja 90	19	69	608	705	1 410
Lin 90	19	68	610	714	1 520
Soja 160	17	70	603	711	1 540
Lin 110	19	67	603	709	1 580
Interaction essai x complémentation		ns	ns	ns	ns
Essai 1 Soja 90	10	81	594	708	1 410
Lin 90	9	81	605	732	1 570
Soja 160	8	79	590	723	1 690
Lin 110	9	79	589	715	1 600
Essai 2 Soja 90	9	55	624	702	1 420
Lin 90	10	57	614	697	1 460
Soja 160	9	63	614	701	1 370
Lin 110	10	57	615	704	1560

Intra-effet, écarts significatifs à : ** P < 0,01, * P < 0,05. ns : non significatif.

⁽¹⁾ Modèle d'analyse de variance avec la covariable poids à la mise en lots.

Tableau 4. Effet du type et du niveau des apports protéiques pendant la finition sur l'indice de consommation et l'efficacité alimentaire chez des vaches de réforme Charolaises.

Lot	Essai 1				Essai 2			
	soja 90	lin 90	soja 160	lin 110	soja 90	lin 90	soja 160	lin 110
Quantités ingérées (kgMS/j/vache)								
Ensilage de maïs ⁽¹⁾	9,9	10,1	9,9	9,6	10,3	10,1	10,2	10,2
Tourteau de soja 48	0,65	-	-	-	0,65	-	-	-
Tourteau de soja tanné	-	-	3,5	-	-	-	3,5	-
Tourteau de lin	-	1,4	-	3,95	-	1,4	-	3,95
Pulpes de betteraves déshydratées	3,3	2,6	-	-	3,3	2,6	-	-
Urée	0,15	0,10	-	0,02	0,15	0,10	-	0,02
Total (CMV inclus)	14,1	14,2	13,5	13,7	14,5	14,3	13,8	14,3
Quantités ingérées d'ensilage de maïs (kg MS/100 kg poids vif) ⁽¹⁾	1,50	1,51	1,46	1,47	1,52	1,52	1,52	1,53
Apports nutritifs (/vache/jour)								
UFL	13,0	13,0	13,1	12,6	12,8	12,5	12,8	12,6
PDIN(g)	1 150	1 140	2 020	1 430	1 190	1 130	1 960	1 430
PDIE (g)	1 190	1 210	2 050	1 350	1 270	1 190	2 000	1 380
PDI / UFL (g)	88	87	154	107	93	90	153	110
Indice de consommation (kg MS / kg de gain de poids)	10,0	9,1	8,0	8,5	10,0	9,6	9,9	9,0
Efficacité alimentaire (UFL / kg de gain de poids)	9,2	8,3	7,7	7,9	8,9	8,4	9,2	7,9

⁽¹⁾ Seul le traitement soja 90 reçoit l'ensilage de maïs à volonté, les consommations des 3 autres lots ont été ajustées sur celle de ce lot.

L'efficacité alimentaire a varié de 7,7 à 9,2 UFL/kg de gain de poids selon la nature et la quantité de l'apport protéique.

consommé en moyenne 9,9 et 10,3 kg de MS d'ensilage de maïs par vache et par jour respectivement pour les essais 1 et 2, ce qui aboutit à une consommation totale de 14,1 et 14,5 kg de MS avec les aliments concentrés (tableau 4). Cette plus forte consommation enregistrée au cours de l'essai 2 peut être expliquée par le poids vif initial des animaux supérieur de 30 kg (624 kg contre 594 kg pour l'essai 1 pour le lot soja 90, cf. tableau 3) puisque les quantités ingérées d'ensilage de maïs rapportées à 100 kg de poids vif sont très proches : 1,50 et 1,52 kg MS respectivement pour les essais 1 et 2. Chaque vache du traitement soja 90 a donc ingéré en moyenne 14 kg de MS d'une ration comportant 70 % d'ensilage de maïs et 30 % d'aliments concentrés pour réaliser 1,4 kg de gain de poids vif, soit environ 9 UFL par kg de gain (tableau 4).

Au niveau azoté de 90 g de PDI par UFL, l'apport de tourteau de lin permet d'améliorer l'indice de consommation de 0,9 kg MS par kg de gain pour l'essai 1 et de 0,4 pour l'essai 2, ce qui se retrouve au niveau de l'efficacité énergétique (- 0,9 UFL par kg de gain pour l'essai 1 et - 0,5 UFL pour l'essai 2). Un accroissement de cet apport (4 kg pour lin 110 contre 1,4 kg pour lin 90) permet de poursuivre cette amélioration de l'efficacité alimentaire avec des diminutions moyennes de 0,6 kg MS et en moyenne de 0,5 UFL par kg de gain. Cette meilleure efficacité du tourteau de lin ne peut pas être considérée comme significative puisqu'elle ne s'explique que par l'écart de gain de poids favorable en valeur absolue au tourteau de lin mais non significatif statistiquement. En effet, les quantités ingérées ne peuvent pas varier selon la source protéique puisqu'elles sont ajustées sur la

consommation *ad libitum* du lot soja 90. Toutefois, dans le cas de l'essai 1, cet ajustement a été imparfait, les vaches du lot lin 110 ayant eu, en moyenne, une consommation inférieure de 0,3 kg MS par vache et par jour.

2.2 / Résultats d'abattage

Les vaches sont abattues à un poids vif moyen de 710 kg et produisent des carcasses chaudes entières pesant 392 kg ce qui correspond à un rendement vrai de 65,1 % et à un rendement commercial de 54,2 %.

A l'abattage, le poids vif moyen est significativement plus élevé pour l'essai 1 que pour l'essai 2 (719 kg contre 701 kg) suite à l'accroissement de la durée de la période d'engraissement. Cette différence se retrouve au niveau des poids vifs vides et des poids de carcasse, mais en s'accroissant (tableau 5). En effet, le poids du contenu digestif (différence poids vif - poids vif vide) est plus élevé pour les vaches de l'essai 2, ce qui se traduit par une dégradation significative du rendement commercial (53,4 % contre 55 % pour l'essai 1) alors que les rendements vrais sont identiques pour les deux essais (65,1 %). Cet accroissement du poids du contenu digestif peut vraisemblablement être relié au niveau d'ingestion plus élevé de l'essai 2 : le coefficient de corrélation calculé entre le rendement commercial et la quantité d'ensilage de maïs consommée par vache et par jour (pour les 8 lots élémentaires) est égal à - 0,93. De plus, la valeur énergétique de l'ensilage de maïs dans l'essai 2 est inférieure à celle de l'essai 1 (0,85 UFL contre 0,90 UFL) ; ce fourrage plus encombrant et moins digestible contribue aussi à l'augmentation du poids des contenus digestifs.

Tableau 5. Effet de la source et du niveau protéiques pendant la finition sur les résultats d'abattage des vaches de réforme Charolaises (PV : poids vif).

	n	PV (kg) départ abattoir (1)	PV (kg) vide (1)	Poids (kg) carcasse chaude (1)	Poids (kg) carcasse froide (1)	Rende- ment vrai (%)	Rende- ment commer- cial (%)	Confor- mation (EUROP)	Mensuration des carcasses			
									EPFF (cm)	EPCU (cm)	PCF/LT	EPCU/ JS
Effet Essai		**	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**
Essai 1	36	719,0	620,2	403,9	394,9	65,1	55,0	R+	9,3	31,1	2,73	0,37
Essai 2	38	701,0	584,4	380,4	374,3	65,1	53,4	R=	8,7	30,7	2,55	0,36
Effet complémentation protéique		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Soja 90	19	705,2	596,9	387,5	380,1	64,9	54,0	R+	9,2	30,9	2,61	0,37
Lin 90	19	713,6	602,7	392,5	384,5	65,1	53,9	R=	8,9	30,5	2,63	0,36
Soja 160	17	711,1	600,2	392,9	385,7	65,4	54,2	R=	8,8	31,6	2,65	0,37
Lin 110	19	709,3	607,2	394,6	387,0	65,0	54,6	R=	9,0	30,8	2,66	0,36
Interaction essai x complémentation		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Essai 1 Soja 90	10	707,8	608,0	394,4	385,9	64,9	54,6	R+	9,4	30,8	2,66	0,37
Lin 90	9	731,9	628,5	408,3	398,3	65,0	54,4	R+	9,1	30,8	2,73	0,37
Soja 160	8	722,9	622,2	407,3	398,8	65,5	55,2	R+	9,1	31,9	2,76	0,38
Lin 110	9	715,0	623,5	407,0	398,0	65,3	55,7	R+	9,4	31,2	2,77	0,38
Essai 2 Soja 90	9	702,4	584,5	379,9	373,7	65,0	53,2	R=	8,9	31,0	2,56	0,36
Lin 90	10	697,0	579,5	378,3	372,1	65,3	53,4	R=	8,7	30,3	2,54	0,36
Soja 160	9	700,5	580,6	380,0	374,1	65,4	53,4	R=	8,5	31,2	2,54	0,37
Lin 110	10	704,1	592,6	383,5	377,1	64,7	53,6	R-	8,6	30,5	2,57	0,35

Intra-effet, écarts significatifs à : ** P<0,01, * P < 0,05. ns : non significatif.

(1) Modèle d'analyse de variance avec la covariable poids à la mise en lots.

La source et le niveau protéique de la ration n'ont pas d'effet significatif sur le poids vif vide, le poids de carcasse et le rendement à l'abattage (tableau 5).

La conformation des carcasses jugée visuellement se situe en moyenne entre R= et R+. Les carcasses de l'essai 1, plus lourdes (plus de 400 kg), sont également significativement mieux conformées comme le montrent le classement (R+) et certaines mensurations telles que l'épaisseur du faux-filet et les deux indices de compacité (tableau 5). Le type de complémentation protéique de la ration a peu d'incidence sur ces différentes caractéristiques de conformation des carcasses.

L'état d'engraissement des carcasses est excessif, en particulier dans l'essai 1 (note moyenne égale à 4,7, tableau 6), d'où le raccourcissement de la durée d'engraissement dans l'essai 2 qui a été bénéfique (note moyenne de 4,1).

La distribution du tourteau de lin à la place du tourteau de soja contribue à l'augmentation des dépôts de gras de la masse corporelle. Au niveau protéique de 90 g de PDI par UFL, toutes les variables traduisant l'état d'engraissement ont des valeurs moyennes supérieures à celles obtenues avec soja 90, les écarts n'étant toutefois pas significatifs. Mais, dès que l'on accroît la distribution du tourteau de lin (4 kg vs 1,4 kg), le gras d'émoussage, les dépôts adipeux de la carcasse et les dépôts adipeux totaux deviennent significativement plus élevés que dans les trois autres traitements. Ainsi, la proportion de dépôts adipeux dans la carcasse obtenue avec lin 110 atteint

22,7 % contre 20,6, 20,9 et 19,4 respectivement pour soja 90, lin 90, soja 160.

L'effet de l'accroissement de l'apport protéique est inverse selon la nature du tourteau distribué. Avec le tourteau de soja, la proportion de dépôts adipeux de la carcasse tend à diminuer (19,4 % pour soja 160 contre 20,6 % pour soja 90). Avec le tourteau de lin, elle augmente (22,7 % pour lin 110 contre 20,9 % pour lin 90).

2.3 / Composition du gain de carcasse

A partir des données d'abattage et de la dissection complète de la demi-carcasse des animaux témoins maigres, on peut estimer en moyenne la reprise de poids de carcasse et sa composition tissulaire pour les lots engraisés. Elles permettent d'estimer le poids initial de la carcasse et sa composition pour chaque lot engraisé. Les carcasses des lots de vaches abattues maigres pesaient en moyenne 317,5 kg et 324,3 kg respectivement pour les essais 1 et 2. Elles ne sont pas extrêmement maigres puisque composées de 16,6 % d'os, 70,4 % de muscle et 13 % de tissu adipeux dans l'essai 1 et de 18,6 % d'os, 67,7 % de muscle et 13,7 % de tissu adipeux dans l'essai 2. Le gain de carcasse au cours de l'engraissement varie de 71 à 87 kg selon les lots pour l'essai 1 et de 52 à 60 kg pour l'essai 2, ce qui est assez homothétique des gains de poids vif observés, aux variations de rendement près (tableau 7).

Pour le niveau protéique de 90 g de PDI par UFL, le poids de muscles déposés au cours de

Tableau 6. Dépôts adipeux et composition tissulaire des carcasses.

	Note de gras (EUROP)	Dépôts adipeux (% PV vide)			Composition de la carcasse					
		émoussage ⁽¹⁾	5 ^e quartier	totaux ⁽²⁾	Gras (kg)	Muscle (kg)	Os (kg)	Gras (%)	Muscle (%)	Os (%)
Effet essai	**	*	*	**	**	*	ns	**	ns	**
Essai 1	4,7	2,30	4,32	18,6	88,6	254,8	60,5	21,9	63,1	15,0
Essai 2	4,1	1,97	3,91	16,9	76,3	242,7	61,4	20,0	63,8	16,2
Effet complémentation protéique	ns	*	ns	*	*	ns	ns	*	*	ns
Soja 90	4,4	1,95 ^a	3,99	17,3 ^a	79,8 ^a	248,0	59,6	20,6 ^a	64,0 ^a	15,4
Lin 90	4,2	2,20 ^a	4,08	17,7 ^{ab}	82,4 ^{ab}	247,9	62,2	20,9 ^{ab}	63,2 ^{ab}	15,9
Soja 160	4,3	1,91 ^a	3,87	16,6 ^a	76,3 ^a	254,2	62,3	19,4 ^a	64,7 ^a	15,9
Lin 110	4,5	2,43 ^b	4,46	19,2 ^b	89,9 ^b	244,8	59,9	22,7 ^b	62,0 ^b	15,2
Interaction essai x complémentation	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Essai 1 Soja 90	4,6	2,07	4,28	18,5	86,4	249,5	58,5	21,9	63,2	14,9
Lin 90	4,5	2,54	4,22	18,6	90,6	255,3	62,3	22,2	62,5	15,3
Soja 160	4,5	1,91	3,97	16,9	80,9	264,7	61,8	19,8	65,0	15,2
Lin 110	4,8	2,65	4,75	20,1	95,9	251,2	59,8	23,5	61,8	14,7
Essai 2 Soja 90	4,1	1,81	3,67	16,0	72,6	246,4	60,9	19,0	64,9	16,1
Lin 90	4,0	1,90	3,96	16,9	74,9	241,2	62,1	19,8	63,7	16,4
Soja 160	4,0	1,91	3,79	16,2	72,3	244,9	62,8	19,0	64,4	16,6
Lin 110	4,3	2,24	4,20	18,4	84,4	239,0	60,0	22,0	62,3	15,7

Intra-effet, écarts significatifs à : ** P<0,01, * P < 0,05. ns : non significatif. Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes.

⁽¹⁾ Le gras d'émoussage est compris dans le poids de carcasse chaude entière et ne fait donc pas partie des dépôts adipeux du 5^e quartier.

⁽²⁾ Les dépôts adipeux totaux regroupent les dépôts adipeux du 5^e quartier et ceux de la carcasse.

L'apport de tourteau de lin conduit à des dépôts adipeux plus importants que le tourteau de soja.

l'engraissement est de l'ordre de 22 à 24 kg quels que soient l'essai et le tourteau utilisé. Le meilleur gain de carcasse obtenu dans l'essai 1 suite à une durée de finition plus longue ne correspond donc qu'à des dépôts adipeux supplémentaires (+ 16 kg et + 17 kg respectivement pour soja 90 et lin 90).

Avec le tourteau de lin, un accroissement limité du niveau protéique de la ration passant de 90 à 110 g de PDI par UFL se traduit uniquement par un dépôt supplémentaire de tissu gras (+ 6 kg pour l'essai 1 et + 9 kg pour l'essai 2). Avec le tourteau de soja distribué pour apporter 160 g de PDI par UFL, le dépôt de muscles est plus important que pour le niveau 90 g de PDI par UFL, particulièrement dans le cas de l'essai 1 (+ 17 kg), et se fait au détriment du tissu gras (- 5 kg). Toutefois, cet écart ne se retrouve pas dans l'essai 2 suite à une durée de finition plus courte et un état d'engraissement à l'abattage moins important.

2.4 / Propriétés organoleptiques des viandes

Les vaches abattues en début d'expérience présentent des teneurs en lipides intramusculaires relativement élevées, respectivement 3,15 % et 3,57 % pour chacun des deux muscles étudiés (tableau 8), ce qui confirme qu'elles n'étaient pas maigres comme l'avaient déjà montré les proportions de tissu adipeux dans la carcasse. La finition accroît la teneur en lipides totaux de 1,1 à 1,3 point selon le muscle considéré et contribue ainsi vraisemblablement à améliorer la tendreté des viandes. En effet, la comparaison des données physico-chimiques musculaires entre vaches abattues maigres et engraisées montre des diminutions (non testées statistiquement) des forces de cisaillement mesurées sur viande crue pour les deux muscles étudiés et des teneurs en collagène total et insoluble pour le muscle *longissimus thoracis*.

Tableau 7. Estimations du gain de carcasse moyen par lot et de sa composition tissulaire.

	Essai 1				Essai 2			
	Soja 90	Lin 90	Soja 160	Lin 110	Soja 90	Lin 90	Soja 160	Lin 110
Gain de carcasse (kg)	71	79	87	87	52	55	57	60
Composition du gain								
- dépôts adipeux (kg)	44	48	39	54	28	31	28	40
- muscles (kg)	22	24	39	26	24	22	26	20
- squelette (kg)	5	7	9	7	0	2	3	0
Répartition (% muscles+dépôts adipeux)								
- dépôts adipeux	67	67	50	67	54	58	52	67
- muscles	33	33	50	33	46	42	48	33

Tableau 8. Influence du niveau et de la nature des apports protéiques alimentaires pendant la période d'engraissement sur les caractéristiques physico-chimiques musculaires des vaches de réforme de race Charolaise.

	Témoins maigres	Effet année			Effet source protéique				
		essai 1	essai 2	Sign.	Soja 90	Lin 90	Soja 160	Lin 110	Sign.
Effectifs	9	36	38		19	19	17	19	
<i>Muscle longissimus thoracis</i>									
pH	5,58	5,55	5,57	ns	5,56	5,57	5,57	5,55	ns
Pertes d'eau à la pression (%)	16,6	16,6	16,1	ns	16,1	16,1	17,5	15,8	ns
Pertes de poids à la cuisson (%) ⁽¹⁾	13,6	15,0	14,7	ns	14,7	15,3	15,1	14,3	ns
Lipides intramusculaires totaux (%)	3,15	4,42	4,16	ns	4,11	4,24	4,37	4,43	ns
Force de cisaillement									
- viande crue (daN)	1,89	1,61	1,73	ns	1,67	1,79	1,54	1,67	ns
- viande cuite (daN) ⁽¹⁾	2,79	2,69	2,80	ns	2,65	2,63	2,98	2,74	ns
Collagène total (mg/g)	4,44	4,10	4,21	ns	4,11	4,29	4,11	4,12	ns
Collagène soluble (% collagène total)	8,0	11,5	13,1	**	12,1	12,6	12,6	12,2	ns
<i>Muscle rhomboideus thoracis</i>									
pH	5,55	5,58	5,59	ns	5,59	5,59	5,57	5,59	ns
Pertes d'eau à la pression (%)	15,1	18,0	15,9	**	17,9	16,7	17,0	16,0	ns
Pertes de poids à la cuisson (%) ⁽¹⁾	10,6	12,0	11,3	ns	12,0	11,2	11,5	11,9	ns
Lipides intramusculaires totaux (%)	3,57	4,83	4,80	ns	4,38	4,72	4,93	5,23	ns
Force de cisaillement									
- viande crue (daN)	3,86	3,14	3,61	**	3,20 ^a	3,71 ^b	3,49 ^{ab}	3,14 ^a	*
- viande cuite (daN) ⁽¹⁾	3,98	3,72	4,20	**	3,88	4,15	3,89	3,94	ns

⁽¹⁾ Modèle d'analyse de variance avec covariable température de cuisson.

Intra-effet, écarts significatifs à : ** P < 0,01, * P < 0,05. ns : non significatif. Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes.

Les teneurs en lipides intramusculaires ne varient pas significativement selon le traitement : pour les lots soja 90, lin 90, soja 160 et lin 110, respectivement 4,1 %, 4,2 %, 4,4 % et 4,4 % pour le muscle *longissimus thoracis* et 4,4 %, 4,7 %, 4,9 % et 5,2 % pour le muscle *rhomboideus thoracis*.

L'apport en finition de 4 kg de tourteau de lin à la place d'un tourteau de soja n'améliore ni ne détériore la tendreté des viandes. Ainsi, les notes de tendreté données par le jury de dégustation ne diffèrent pas significativement entre les traitements soja 90 et lin 110, pour les deux muscles étudiés, *longissimus thoracis* et *triceps brachii* (figure 1). Cette absence de différence significative entre soja 90 et lin 110 se retrouve au niveau des mesures de cisaillement, de la teneur en collagène total et de son niveau de solubilité. Pour les autres traitements, lin 90 et soja 160, il faut signaler la valeur de cisaillement mesurée sur viande crue significativement plus élevée avec lin 90 qu'avec les trois autres régimes, mais en l'absence d'analyse sensorielle et de dosages de collagène, cet écart reste difficile à interpréter.

Pour des valeurs de pH *post mortem* très proches, le pouvoir de rétention d'eau de la viande ne varie pas significativement selon le type de complémentation protéique. Ceci est confirmé par les notations de jutosité de l'analyse sensorielle qui sont respectivement de 5,29 et 5,54 pour soja 90 et lin 110 (figure 1).

3 / Discussion et conclusion

Les deux essais réalisés n'ont certainement pas permis d'évaluer parfaitement les effets

du tourteau de lin puisqu'en moyenne les vaches ont été abattues à un état d'engraissement un peu excessif. Plusieurs raisons sont à l'origine de ce phénomène :

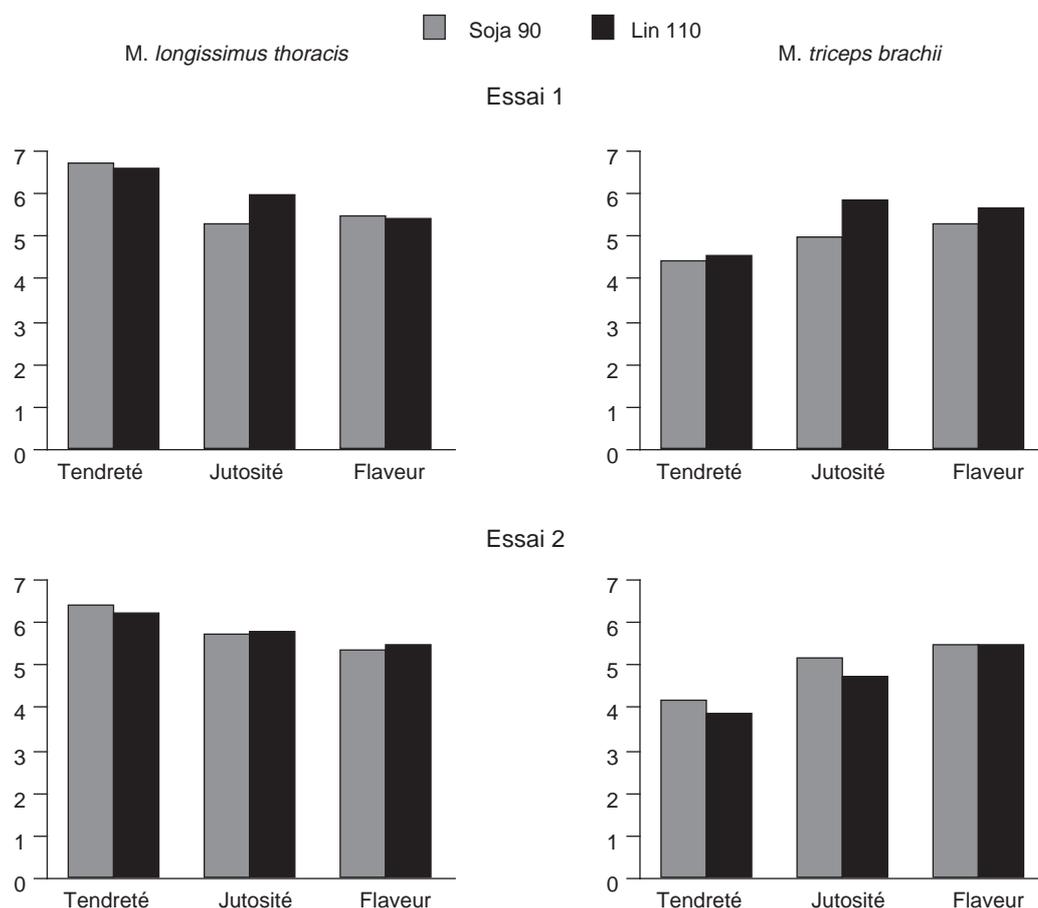
- des animaux peu maigres en début d'engraissement comme l'ont montré les résultats de dissection ;
- une durée d'engraissement de l'ordre de 80 jours, trop longue pour l'essai 1 ;
- une ration de base d'ensilage de maïs distribuée *ad libitum* ;
- l'étalement obligatoire des dates d'abattage lié aux contraintes de fonctionnement de l'abattoir expérimental.

Ces différentes conditions expérimentales apparaissent donc assez éloignées des méthodes d'engraissement mises en œuvre dans les troupeaux Charolais et nécessitent de la prudence pour la transposition des résultats dans la pratique.

Quels que soient le niveau et le type de complémentation protéique, les performances de reprise de poids, de l'ordre de 1 500 g/j par vache sont tout à fait satisfaisantes et plutôt supérieures à celles observées dans les essais précédents : de 1 000 à 1 300 g/j selon les essais (Dumont *et al* 1991, Roux *et al* 1993). Elles sont à relier à une plus forte consommation d'ensilage de maïs, environ 10 kg MS par vache et par jour contre 8,5 kg pour Roux *et al* (1993). Ce niveau de consommation explique vraisemblablement l'état d'engraissement un peu excessif des animaux à l'abattage.

Le tourteau de lin utilisé comme complément protéique de l'ensilage de maïs permet de réaliser des gains de poids au moins équivalents à ceux obtenus avec le tourteau de

Les caractéristiques de la viande ne semblent pas améliorées par le remplacement du tourteau de soja par le tourteau de lin.

Figure 1. Notes moyennes de tendreté, jutosité et flaveur obtenues au cours de l'analyse sensorielle.

soja, de la même façon que Berge *et al* (1993) et Burris *et al* (1974) l'avaient déjà observé chez le bœuf. Mais il a tendance à favoriser l'engraissement des vaches, à même poids de carcasse et à même durée d'engraissement. Ainsi, lorsqu'il est distribué à raison de 1,4 kg MS par vache et par jour, les dépôts adipeux sous-cutanés (gras d'émoussage) ont tendance à s'accroître (+ 13 %), les autres sites de dépôt des gras étant peu affectés. A un niveau d'apport de 4 kg, cet engraissement s'accroît très nettement au niveau de l'émoussage (+ 25 %), du gras du 5^e quartier (+ 12 %), du tissu adipeux de la carcasse (+ 10 %) et des lipides intramusculaires (+ 7 % et + 19 % selon le muscle étudié). Ces résultats mettent bien en évidence et confirment l'intérêt porté traditionnellement à ce tourteau pour la finition des bovins à l'engrais.

Quelques hypothèses pourraient être faites pour expliquer cet accroissement des dépôts de gras :

- amélioration de la digestibilité de l'ensilage de maïs lorsqu'il est associé au tourteau de lin ;
- effet de la composition en acides aminés du tourteau de lin, plus pauvre en lysine et plus riche en méthionine que le tourteau de soja.

L'élévation du niveau protéique de la ration de finition des vaches, quel que soit le type de tourteau utilisé (lin ou soja), à même quantité d'énergie ingérée, ne se traduit pas par des

gains de poids vif significativement plus élevés, comme l'avaient montré Roux *et al* (1993) dans le cas du tourteau de soja et Haurez *et al* (1992) pour le tourteau de lin. Mais, avec le tourteau de soja, une suralimentation protéique importante (160 g de PDI par UFL vs 90 g) tend à réduire les dépôts adipeux, particulièrement dans le cas de l'essai 1 pour lequel la durée d'engraissement était trop longue. Ce résultat avait déjà été observé par Roux *et al* (1993). La distribution d'un excès de tourteau de soja en finition peut donc aider à la maîtrise de l'état d'engraissement de la vache de réforme.

Compte tenu de l'état d'engraissement des carcasses, toutes les viandes dégustées avaient une teneur en lipides suffisante. Leur analyse sensorielle n'a pas révélé d'effet particulier du tourteau de lin sur la tendreté, ce qui confirme les résultats déjà obtenus en race Charolaise par Berge *et al* (1993) et Durand *et al* (1992). La moins bonne jutosité des viandes des animaux ayant reçu du tourteau de lin observée par Berge *et al* (1993) n'a pas été mise en évidence dans les présents essais, de même que l'amélioration de la flaveur observée par Durand *et al* (1992). Dans ce dernier cas, toutefois, les viandes comparées ne présentaient pas la même teneur en lipides, or il existe une liaison positive bien connue entre cette dernière et la flaveur.

L'apport de tourteau de lin comme source de protéines dans la ration de finition des vaches

de réforme de race Charolaise représente certainement un bon moyen pour engraisser rapidement les animaux puisqu'il permet une reprise de poids élevée et facilite les dépôts adipeux sous-cutanés, ces dépôts s'accroissant d'autant plus que la quantité ingérée de tourteau s'accroît. On comprend ainsi l'intérêt que lui portaient traditionnellement les éleveurs, surtout en complément de fourrages de qualité médiocre. Toutefois, distribué avec une ration de base très énergétique telle qu'un ensilage de maïs à volonté, il peut conduire dans certaines conditions à un état d'engraissement excessif. De plus, à l'inverse du tourteau de soja qui, lorsqu'il est distribué en excès, permet de mieux limiter l'état d'engraissement, une suralimentation protéique par le tourteau de lin accentue les dépôts gras. Un effet direct et positif de ce tourteau sur la qualité sensorielle des viandes est difficile à mettre en évidence. Il est vraisemblable que c'est indirectement, en accroissant dans certaines limites les taux de lipides intramusculaires, qu'il peut contribuer à la qualité organoleptique.

Il resterait à étudier les raisons de la meilleure efficacité énergétique du tourteau de lin, qui peut être liée à une amélioration de la digestibilité de la ration ou bien encore à l'équilibre en acides aminés des protéines.

Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce au soutien financier du Conseil Régional de Bourgogne et de la Direction Générale de l'Enseignement et de la Recherche du Ministère de l'Agriculture.

Les auteurs tiennent à remercier toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement des expérimentations, à la collecte et au traitement des données : J.P. Blanchon, directeur du Domaine expérimental INRA d'Epoisses, F. Delamarque et B. Guérin, techniciennes de laboratoire à l'ENESAD, F. Faurie, technicien au Laboratoire associé de recherches zootechniques INRA-ENESAD, V. Allard (ENESAD), pour les travaux de secrétariat, G. Cuyllé et R. Jailler, du Laboratoire Croissance et Métabolismes des herbivores de l'INRA de Theix, B. Guillaume, qui a réalisé son stage dans le cadre de ce programme.

Références bibliographiques

- AFNOR, 1987. Viandes et produits à base de viande. Détermination de la teneur en L(-) hydroxyproline (méthode de référence). Norme V 04-415.
- Agabriel J., Giraud J.M., Petit M., 1986. Détermination et utilisation de la note d'engraissement en élevage allaitant. Bull. Tech. CRZV Theix INRA, 66, 43-50.
- Andrieu J., Demarquilly C., 1988. Prévion de la valeur nutritive des fourrages à partir de la composition chimique. BIPEA, 199, 9-17.
- Andrieu J., Demarquilly C., Wégat-Litré E., 1981. Tables de prévion de la valeur alimentaire des fourrages. In : C. Demarquilly (ed), Prévion de la valeur nutritive des aliments des ruminants, 345-580. INRA, Paris.
- Aufrère J., Graviou D., Demarquilly C., Vérité R., Michalet-Doreau B., Chapoutot P., 1989. Aliments concentrés pour ruminants : prévion de la valeur azotée PDI à partir d'une méthode enzymatique standardisée. INRA Prod. Anim., 2, 249-254.
- Batterham E.S., Andersen L.M., Baigent D.R., Green A.G., 1991. Evaluation of meals from Linola™ low-linolenic acid linseed and conventional linseed as protein sources for growing pigs. Anim. Feed Sci. Technol., 35, 181-190.
- Berge P., Culioli J., Renner M., Touraille C., Micol D., Geay Y., 1993. Effect of feed protein on carcass composition and meat quality in steers. Meat Sci., 35, 79-92.
- Bonnet M., Kopp J., 1992. Préparation des échantillons pour le dosage et la caractérisation qualitative du collagène musculaire. Viandes Prod. Carnés, 13, 87-91.
- Bureau J., Evrard J., 1993. Composition et utilisation du lin en alimentation animale. Les Rencontres Annuelles du CETIOM, Paris, 3 décembre 1993, 4 p.
- Burris W.R., Boling J.A., Bradley N.W., Ludwick R.L., 1974. Preformed protein sources in steer finishing rations. J. Anim. Sci., 39, 818-823.
- Dumont R., Roux M., Agabriel J., Touraille C., Bonnemaire J., Malterre C., Robelin J., 1991. Engraisement des vaches de réforme de race Charolaise. Facteurs de variation des performances zootechniques, de la composition tissulaire des carcasses et de la qualité organoleptique de la viande. INRA Prod. Anim., 4, 271-286.
- Duphot V., 1993. Pour une meilleure valorisation. Lin : privilégier le mélange graines-tourteaux. RAA, 464, 54.
- Durand Y., Cadot M., Fostier B., 1992. Production de génisses Charolaises engraisées à l'auge et abattues à 33 mois pour les génisses vides, à 37,5 mois pour les génisses vélant à 32 mois. Institut de l'Élevage Paris, Chambre d'Agriculture de Saône-et-Loire, 22 p.
- Evrard J., 1992. Le marché des tourteaux et des graines entières de lin. Forum Lin Oléagineux, 26 juin 1992, CETIOM Paris, 17 p.
- Folch J., Lees M., Sloane Stanley G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J. Biol. Chem., 226, 497-509.
- Frebling J., Poujardieu B., Vissac B., Béranger C., Teissier J.H., 1967. Station de sélection bovine. Compte rendu technique n° 1. Note générale, BTI, 225, 887-894.
- Goutefongea R., 1963. Comparaison de différentes méthodes de mesures du pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc. Liaison avec le pH. Ann. Zoo-tech., 12, 125-132.
- Haurez Ph, Joulie A., Rivoisy G., 1992. Engraisement des vaches de réforme Charolaises. Comparaison de deux niveaux de complémentation en tourteau de lin. Institut de l'Élevage, Paris, 21 p.

INRA, 1988. Alimentation des bovins, ovins et caprins (R. Jarrige ed). INRA, Paris, 471 p.

Lennerts L., 1988. Leinkuchen, leinkuchenmehl und leine x traktionsschrot : altbewährte diäfuttermittel für rinder und schweine. Mühle + Mischfuttermitteltechnik, 125, 343-344.

Piccioni M., 1965. Dictionnaire des aliments pour les animaux, 294-296. Ed. Edagricole, Paris.

Robin M.H., 1992. Forum lin. Le lin, la « bonne » diversification ? CETIOM Oléoscope n° 11, septembre-octobre 1992.

Roux M., Dumont R., Agabriel J., Bonnemaire J., Micol D., 1993. Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise. Effet d'une suralimenta-

tion protéique sur les performances d'engraissement et les caractéristiques physico-chimiques musculaires. INRA Prod. Anim., 6, 237-248.

Rulquin H., Guinard J., Vérité R., Delaby L., 1993. Teneurs en lysine (LysDI) et Méthionine (MetDI) digestibles des aliments pour ruminants. Tables 1993. Séminaire CAAA-AFTAA, 22 et 23 juin 1993, Le Mans.

Salé P., 1971. Evolution de quelques propriétés mécaniques du muscle pendant la maturation. Bull. Tech. CRZV Theix INRA, 6, 35-44.

Sauvant D., Aufrère J., Michalet-Doreau B., Giger S., Chapoutot P., 1987. Valeur nutritive des aliments concentrés simples : tables et prévision. Bull. Tech. CRZV Theix, INRA, 70, 75-89.

Abstract

The fattening of cull Charolais cows: effect of linseed meal on fattening performance and meat quality.

Two experiments were carried out to investigate the effects of protein supplementation on the finishing of cull Charolais cows. The objectives of the two studies were to compare the effects of using linseed meal, containing 2.5 % crude fat, or soybean meal as protein sources for cull cows.

Two different levels of protein supplementation were also compared. The daily gain, feed efficiency, carcass traits, composition of carcass gain and meat characteristics were evaluated to assess the effects of the different diets.

In each experiment, 45 cows, average age 5.5 years, were divided into five groups according to body condition, age and liveweight. A group of five cows was slaughtered at the start of the feeding period in order to estimate initial carcass composition.

Four groups of 10 cows were then fed iso-energetic diets composed of maize silage, desiccated beet pulp and either soybean meal or linseed meal. The levels of protein supplementation fed daily were 0.65 kg DM or 3.5 kg DM for soybean meal and 1.4 or 4 kg DM per head for linseed meal. The four diets had the same concentrate level and they contained 90 or 160 g PDI per UFL for soybean and 90 or 110 g PDI per UFL for linseed. All four groups were slaughtered at the same average feeding time: after 80 days in experiment 1 and 58 days in experiment 2.

Daily liveweight gains were high (1.5 kg). These could be explained by the DM intake, 14.1 kg and 14.5 kg per head in experiments 1 and 2 respectively. They did not significantly vary for either the protein source or the protein level. At slaughter, the average liveweight was 710 kg and the average carcass weight was 392 kg. The ratio of cold carcass weight to pre-slaughter liveweight was 54.2% and the ratio of hot carcass weight to empty pre-slaughter liveweight was 65.1%. Whatever the protein level, feeding linseed meal or soybean meal resulted in similar values for empty liveweight, carcass weight, killing-out percentage and conformation score. For a similar carcass weight and length of feeding time, linseed meal increased fattening. At a daily level of 1.4 kg DM per head, the subcutaneous fat increased by 13%. At a daily level of 4 kg DM, subcutaneous fat, fifth-quarter fat, carcass fat and intra-muscular lipids increased by 25%, 12%, 10% and 7 to 19% (depending on the muscle) respectively. When the protein level was 90g PDI per UFL, the muscle carcass gain was 22 to 24 kg whatever the protein source. Increasing protein level with linseed meal resulted in increasing carcass fat (+ 6 to 9 kg). This contrasted with soybean meal where an increase resulted in a muscle increase. Linseed meal versus soybean meal had no influence on the acceptability of the final meat.

Dumont R., Roux M., Touraille C., Agabriel J., Micol D., 1997. Engraissement des vaches de réforme de race Charolaise. Effet d'un apport de tourteau de lin sur les performances d'engraissement et les propriétés physico-chimiques et sensorielles de la viande. INRA Prod. Anim., 10 (2), 163-174.