

Effets du tourteau de colza sur la composition du lait de vache et la qualité du fromage

HURTAUD C. (1), PEYRONNET C. (2), LAMY J.M. (3), DUBOZ G. (4), BUCHIN S. (4), BERODIER F. (5), BEUVIER E. (4), BRUNSCHWIG P. (6)

(1) INRA-Agrocampus Ouest UMR1348 Pegase, F-35590 Saint-Gilles, France

(2) Onidol, 11 rue de Monceau, CS 60003, F-75378 Paris cedex 08, France

(3) Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire, 14 avenue Jean Joxé, BP 646, F-49006 Angers Cedex 01, France

(4) INRA, UR342 Technologie et Analyses Laitières, F-39801 Poligny, France

(5) CTFC, 9 avenue Wladimir Gagneur, F- 39800 Poligny, France

(6) Institut de l'Elevage, 9 rue André Brouard, CS 70510, F-49105 Angers cedex 02, France

RESUME - Avec l'utilisation de tourteau de colza en remplacement du tourteau de soja, les vaches ont produit autant de lait plus riche en protéines ($P<0,01$). Conjointement, une augmentation significative de la teneur en caséines du lait et du rapport caséines/protéines a été observée. Le tourteau de colza a provoqué une diminution de la teneur en calcium total et soluble du lait, sans effet sur les teneurs en calcium colloïdal et en phosphore colloïdal, et une augmentation du phosphore soluble. Le tourteau de colza a diminué le pourcentage d'acides gras saturés et augmenté la proportion des acides oléique et linoléique.

Avec le tourteau de colza, les temps de prise et de raffermissement du gel ont été plus longs, la fermeté du caillé et le rendement fromager ont été diminués, avec une moins bonne rétention de la matière grasse dans le caillé, sans conséquence sur la composition physico-chimique du fromage en fin d'affinage. Peu de composés volatils (12,5%) ont été significativement modifiés par le régime.

Le tourteau de colza a significativement augmenté la concentration de cétones, et diminué la concentration d'esters, de composés soufrés et furanes. Le régime n'a pas induit de différences rhéologiques entre fromages mais leur texture était un peu plus granuleuse et moins collante avec le tourteau de colza. Les goûts salé, piquant et les arômes petit lait acidifié, épicé ont été plus marqués ($P<0,05$) avec le tourteau de colza, et les arômes bouillon de légume, jaune d'œuf ($P<0,05$), beurre et noisette ($P<0,10$) avec le tourteau de soja.

Effects of rapeseed meal in dairy cow diet on milk content and cheese quality

HURTAUD C. (1), PEYRONNET C. (2), LAMY J.M. (3), DUBOZ G. (4), BUCHIN S. (4), BERODIER F. (5), BEUVIER E. (4), BRUNSCHWIG P. (6)

(1) INRA-Agrocampus Ouest UMR1348 Pegase, F-35590 Saint-Gilles, France

SUMMARY - With the use of rapeseed meal replacing soybean meal, cows produced as much milk and this milk was richer in proteins ($P<0.01$). In addition, a significant increase of milk casein content and casein/protein ratio was observed. Rapeseed meal induced a decrease in total and soluble calcium contents of milk without affecting colloidal calcium and phosphorus contents, and induced an increase in soluble phosphorus. Rapeseed meal decreased saturated fatty acid percentage and increased oleic and linolenic acids.

With rapeseed meal, the times for coagulation and firming of the curd were longer, curd firmness and cheese yield decreased with poorer retention of fat in the curd, without any effect on physico-chemical composition of cheese at the end of ripening. Only a few volatile compounds (12.5%) were significantly affected by the diet.

Rapeseed meal significantly enhanced the concentration of ketones and decreased the concentration of esters, sulfur compounds and furans. The diet did not induce rheological differences between cheeses but their texture was slightly more grainy and less sticky with rapeseed meal. The salty and pungent tastes, the "little sour milk" and spicy aromas were greater ($P<0.05$) with rapeseed meal and broth, egg yolk ($P<0.05$), hazelnut and butter aromas ($P<0.10$) were greater with soybean meal.

INTRODUCTION

Entre 2004/2005 et 2012/2013, la production et la consommation de tourteau de colza industriel ont été respectivement multipliées par 2,2 et 1,7 en France (Proléa, 2012). La consommation de tourteau de colza, de 2,3 millions de tonnes, représente 33 % des tourteaux consommés, et on estime qu'environ 60 % des tonnages sont utilisés par les bovins. D'après Agreste (2014), le taux d'incorporation de tourteau de colza dans les aliments composés pour vaches laitières est estimé à 17 % *versus* 13,5 % pour le tourteau de soja. Ces taux étaient de 13 % et 13,5 % en 2006 selon la même source. Cette matière première, de plus en plus prisée des éleveurs laitiers en remplacement du tourteau de soja, présente des intérêts techniques, économiques (Brunschwig *et al.*, 1996) et environnementaux.

Cependant, il a été constaté, en 2012, un manque d'information quantifiée sur la qualité des produits transformés issus de lait produit avec du tourteau de colza. Certains producteurs de fromages font état de moindre qualité

fromagère sans citer les critères affectés et d'une diminution de certaines propriétés (vitesse de prise, rendement fromager).

Dans ce contexte, un essai a été conduit pour mesurer les effets du tourteau de colza incorporé dans l'alimentation des vaches laitières sur la composition du lait et la qualité du fromage. Les performances zootechniques ont été contrôlées.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. PRODUCTION DU LAIT

L'essai a été réalisé sur 2 lots de 7 vaches Holstein alimentés en ration complète (blocs complets équilibrés) par séquence de 5 semaines. Après une période pré-expérimentale sur un régime commun à base d'ensilages de maïs et de sorgho avec un mélange à part égale de tourteaux de soja 48 et de colza 35 (4 semaines) suivie d'une semaine de transition (75 % d'un tourteau, 25 % de l'autre tourteau), chaque lot a reçu durant 5 semaines une ration complétée avec un tourteau unique, de colza ou de soja. Une période de transition de 2 semaines a

permis ensuite d'inverser la ration appliquée à chaque lot durant 5 semaines, complétée à 100 % avec du tourteau de soja ou de colza. Le dispositif expérimental était un schéma en inversion.

La ration « soja » comportait 69,2 % d'ensilage de maïs, 13,6 % d'ensilage de sorgho bmr (brown mid rib), 1,6 % de paille, 13,2 % de tourteau de soja, 0,8 % de carburée et 1,6 % d'aliments minéraux. Elle titrait 181 g CB, 211 g d'amidon, 135 g MAT, 29 g MG, 2,9 g Ca_{abs} et 2,3 g P_{abs}, 0,92 UFL/kg MS, 93 g PDIN et 91 g PDIE/UFL, 6,86 LysDI, 1,82 MetDI et 2,11 HisDI % PDIE. La part de concentré était de 13,5 %. La ration « colza » comportait 63,3 % d'ensilage de maïs, 12,5 % d'ensilage de sorgho bmr, 1,6 % de paille, 21,4 % de tourteau de colza, 0,5 % de carburée et 0,7 % d'aliments minéraux. Elle titrait 189 g CB, 193 g d'amidon, 136 g MAT, 32 g MG, 2,9 g Ca_{abs} et 4,2 g P_{abs}, 0,91 UFL/kg MS, 93 g PDIN et 91 g PDIE/UFL, 6,82 LysDI, 1,98 MetDI et 2,12 HisDI % PDIE. La part de concentré était de 21,6 %.

L'alimentation a été mesurée quotidiennement par lot ; le lait journalier, les taux butyreux et protéique (TB et TP), l'urée et les comptages cellulaires (NCS) du lait 2 fois par semaine, les poids et l'état d'engraissement (NEC) par période, ont été mesurés individuellement. Les données ont été traitées par analyse de covariance (procédure GLM du logiciel SAS version 9.1.3). sur les valeurs moyennes mesurées sur les deux dernières semaines expérimentales.

1.2. COMPOSITION DU LAIT ET FABRICATION DE FROMAGES

En 5^{ème} semaine de période alimentaire avec 100 % du même tourteau, un prélèvement de lait individuel sur 24 h a été effectué pour analyse d'azote total, azote non protéique (NPN) et azote non caséinique (NCN) (méthode Kjeldahl), de calcium total et soluble, de phosphore total et soluble (spectrométrie d'absorption atomique), de citrate (dosage enzymatique) et d'acides gras (AG) par chromatographie en phase gazeuse (CPG).

En début et milieu de ces 5^{èmes} semaines de période d'alimentation, 136 litres de lait de chaque lot ont été prélevés pour fabriquer des fromages de type pâte pressée cuite. Quatre fabrications ont ainsi été réalisées par lot, en mesurant notamment les temps de prise et les rendements fromagers. La composition physico-chimique a été mesurée au démoulage. Une durée d'affinage de 170 jours a été appliquée. En fin d'affinage, une analyse sensorielle décrivant la texture, l'intensité du goût global, les saveurs et sensations chimiques communes (SCC), et l'arôme des fromages a été réalisée par un jury entraîné. Les groupes d'arômes évalués correspondaient à ceux d'une pâte pressée cuite : Lactique (4 descripteurs), Fruité (2 descripteurs), Torréfié (3 descripteurs), Végétal (4 descripteurs), Animal (3 descripteurs), Epicé (1 descripteur). L'échelle utilisée était une échelle de catégories (nul, faible, moyen, élevé) convertie en échelle 0-10. Des analyses physico-chimiques, rhéologiques et le profil en composés volatils acides et neutres ont été également effectués. Les données ont été traitées par analyse de variance (procédure GLM du logiciel SAS version 9.1.3).

2. RESULTATS

2.1. PLUS DE PROTEINES PRODUITES AVEC LE COLZA

Le plein effet du correcteur utilisé par période est obtenu en 4^{ème} et 5^{ème} semaines de la période (Tableau 1). L'ingestion de ration totale moyenne par lot est numériquement plus élevée avec le tourteau de colza (+2,2 kg MS/vache/j). Avec le tourteau de colza, la production laitière brute, le lait à 4 % de MG, le TB et la quantité de MG n'ont pas été significativement modifiés, le TP (+0,9 g/kg) et la quantité de matière protéique ont été augmentés. La teneur en urée du lait, les comptages cellulaires, la reprise de poids (22 kg) et la variation de NEC (+0,1 point) par période n'ont pas différé entre les deux traitements.

Tableau 1 : Performances zootechniques (2 x 7 vaches)

	Tourteau de soja	Tourteau de colza	Effet (P)
Ingestion totale (kg MS/j)	22,9 ± 0,9	25,1 ± 0,9	-
Lait brut (kg/j)	24,2	24,6	0,740
Lait 4 % MG (kg/j)	25,3	26,3	0,440
Taux butyreux (g/kg)	42,6	43,3	0,350
Taux protéique (g/kg)	36,9	37,8	0,004
Matière grasse (g/j)	1031	1065	0,310
Matière protéique (g/j)	893	930	0,040
Urée (mg/l)	219	215	0,430
NCS (milliers/ml)	133	130	0,810

2.2. UN MEILLEUR RAPPORT CASEINES/PROTEINES AVEC LE COLZA, PLUS D'AG OMEGA 3

Le tourteau de colza n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur en matières azotées du lait. Par contre, il a eu tendance à augmenter la teneur en protéines (+1,0 g/kg, $P=0,066$), il a augmenté significativement la teneur en caséines (+1,1 g/kg) et le rapport caséines/protéines (+1,3). Il a également diminué la teneur en NCN et en NPN (respectivement -0,54 g/kg et -0,15 g/kg). Le tourteau de colza a entraîné une diminution significative de la teneur en Ca total (-78 mg/kg) due à une tendance à la diminution du Ca colloïdal (-48 mg/kg, $P=0,107$) et à une diminution du Ca soluble (-30 mg/kg). En conséquence, la quantité de Ca colloïdal liée aux caséines a diminué significativement (-3,1 mg/g). Le tourteau de colza n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur en phosphore total du lait, mais l'équilibre entre les phases soluble et colloïdale a été modifié : moins de phosphore colloïdal et plus de phosphore soluble. Les micelles de caséine semblent donc moins minéralisées avec le tourteau de colza.

Tableau 2 : Composition fine des laits (2 x 7 vaches)

	Tourteau de soja	Tourteau de colza	Effet (P)
Protéines (g/kg)	36,7	37,4	0,066
Caséines (g/kg)	28,1	29,2	0,008
Protéines solubles (g/kg)	8,55	8,16	0,074
Caséines/protéines	76,8	78,1	0,011
Ca total (mg/kg)	1369	1291	0,015
Ca colloïdal (mg/kg)	1081	1033	0,107
P total (mg/kg)	946	936	0,424
P colloïdal (mg/kg)	689	648	0,022
AG saturés (%)	71,9	70,7	0,044
AG monoinsaturés (%)	25,0	26,1	0,033
C16:0 (%)	38,8	36,1	<0,001
C18:1 c9 (%)	16,5	17,5	0,039
C18:1 t10 (%)	0,266	0,306	0,052
C18:3 n-3 (%)	0,142	0,166	<0,001

Le tourteau de colza a modifié le profil en AG des laits. La teneur en AG saturés a été diminuée (-1,2 points) au profit des acides gras mono-insaturés (+1,3 points). En particulier, le tourteau de colza a entraîné une diminution du C16:0 (-2,7 points), et une augmentation de l'acide oléique (+1 point), du C18:1 t10 (+0,04 point) et du C18:3 n-3 (0,024 point). Les acides gras impairs ont également été augmentés avec le tourteau de colza (+0,20 point) (Tableau 2).

2.3. DES PARAMETRES DE FABRICATION ET UNE COMPOSITION INITIALE MODIFIES

Le tourteau de colza a modifié les paramètres de fabrication, avec un temps de prise augmenté (+16%), une vitesse de raffermissement du gel plus lente, et une fermeté du caillé plus faible avec comme conséquence possible un rendement moindre (-5%). Cela était en partie dû à une moins bonne rétention de la matière grasse dans le caillé, ainsi que le montrent les teneurs en matière grasse et extrait sec au démoulage (Tableau 3). Par contre, ces modifications n'ont pas eu d'impact sur la composition des fromages affinés. En effet, les teneurs en extrait sec, gras/sec et HFD (Humidité dans le Fromage Dégraissé) étaient de 63,6%, 53,2% et 55,0%

avec le traitement « colza » et de 63,9%, 53,6% et 54,9% avec le traitement « soja ».

Tableau 3 : Paramètres de fabrication (2 x 4 fabrications)

	Tourteau de soja	Tourteau de colza	Effet (P)
Temps de prise (min)	28,4	33,5	0,046
Rendement (%)	12,1	11,4	0,098
Matière Grasse sérum (%)	6,13	6,90	0,141
Extrait sec démoulage (%)	61,0	60,0	0,045
Gras/Sec démoulage (%)	53,2	52,4	0,034
Mat. gr. démoulage (%)	32,4	31,5	0,034
HFD démoulage (%)	57,8	58,4	0,083

2.4. DES PROFILS EN COMPOSES VOLATILS PEU AFFECTES

Sur les 184 composés volatils, constitués d'acides gras volatils, aldéhydes, alcools, cétones, esters, composés soufrés, furanes et pyrazines, seuls 23 ont été affectés par le régime ($P < 0,10$).

Tableau 4 : Composés volatils affectés par le changement de tourteau ($P < 0,10$) (2 x 4 fabrications)

Unité arbitraire de surface x 10^{-3}	Tourteau de soja	Tourteau de colza	Effet (P)
Aldéhydes			
3-méthyl-butanal	7833	10485	0,075
Benzaldéhyde	1570	2347	0,100
Cétones			
1-penten-3-one	150	152	0,087
Butanedione	7319	11442	0,020
Octanedione	42	85	0,076
Méthylheptenone	60	108	0,031
Cyclopentanone	273	845	0,096
Alcools			
1-hexanol	2291	1703	0,092
Esters			
Méthyl propionate	63	41	0,066
Méthyl 2-méthylbutyrate	8	4	0,023
Ethyl 2-méthylpropionate	137	61	0,070
Ethyl 2-méthylbutyrate	89	52	0,022
Ethyl 3-méthylbutyrate	111	81	0,021
Ethyl pentanoate	47	36	0,062
Ethyl benzoate	45	27	0,100
Propyl 2-méthylpropionate	47	11	0,086
Propyl 3-méthylbutyrate	27	13	0,067
Composés soufrés			
Disulfure de carbone	208	110	0,033
Ethyl-méthyl disulfure	11	4	0,002
Méthyl-propyl disulfure	5	3	0,093
Furanes			
2-éthyl-furane	118	93	0,059
2-propyl-furane	18	13	0,067
2-butyl-furane	25	20	0,023

Avec l'apport de tourteau de colza, 2/26 aldéhydes et 5/36 cétones étaient en quantités plus fortes alors que 1/28 alcool, 9/45 esters, 3/25 composés soufrés et 3/13 furanes étaient diminués (Tableau 4)

2.5. DES CARACTERISTIQUES DE TEXTURE ET D'AROME PEU MODIFIEES

La texture a été peu affectée par le changement de régime ($P < 0,10$). Les caractéristiques mécaniques n'ont pas été modifiées (Tableau 5), comme le montre l'absence d'effet sur les caractéristiques rhéologiques, et sur les caractéristiques sensorielles correspondantes. L'apport de colza a légèrement diminué la sensation de collant, et nettement le caractère granuleux de la pâte. Trois des six saveurs ou sensations chimiques communes évaluées ont été perçues plus intensément avec le traitement « colza » (salé, piquant, métallique), alors que seulement 6 arômes ou groupes

d'arômes sur 17 ont été affectés par le changement de régime. Avec l'apport de tourteau de colza, 2 arômes ont été perçus plus intensément (petit lait acidifié, épicé) et 4 moins intensément (beurre, noisette, bouillon de légumes, jaune d'œuf) (Tableau 6).

Tableau 5 : Caractéristiques rhéologiques (2 x 4 fabrications)

	Tourteau de soja	Tourteau de colza	Effet (P)
Module de déformabilité M_D (kPa)	614	633	0,692
Déformation à la fracture \square_f	0,443	0,416	0,124
Contrainte à la fracture \square_f (kPa)	215	207	0,726
Travail à la fracture W_f (kJ m^{-3})	52,0	49,0	0,630

Tableau 6 : Descripteurs d'analyse sensorielle affectés par le changement de tourteau ($P < 0,10$) (2 x 4 fabrications)

Notes sur 10	Tourteau de soja	Tourteau de colza	Effet (P)
Texture			
Collant	2,81	2,35	0,085
Granuleux	2,04	3,55	<0,001
Saveurs/SCC			
Salé	5,16	5,34	0,046
Piquant	0,96	1,78	0,038
Métallique	0,19	0,41	0,059
Arômes			
Petit lait acidifié	2,05	2,75	0,038
Beurre	1,39	0,86	0,085
Graine/Noisette	2,59	2,12	0,090
Bouillon de légumes	0,80	0,35	0,001
Epicé	0,16	0,61	0,017
Jaune d'œuf	0,44	0,10	0,005

3. DISCUSSION

L'effectif de vaches disponibles par lot a répondu à l'objectif de l'étude, produire du lait pour fabriquer des fromages, mais n'a pas été suffisant pour mesurer précisément toutes les performances zootechniques des animaux. Celles-ci ont cependant été appréciées à l'occasion de ce travail. La ration « colza » comportait 5,3 kg MS de tourteau de colza *versus* 3,0 kg MS de tourteau de soja pour la ration « soja ». L'augmentation d'ingestion de ration totale avec le tourteau de colza, liée à la part de concentrés plus importante dans la ration, a paru élevée dans cet essai. Elle correspondait à la quantité supplémentaire de concentré apportée avec la ration colza. Le niveau observé sur des rations à base d'ensilage de maïs, avec substitution totale de tourteau de colza à celui de soja sur la base de 1,5 pour 1, est en moyenne de 1,0 kg MS de ration (Brunschwig *et al.*, 1996). Dans une méta-analyse sur le tourteau de colza pour vaches laitières, Martineau *et al.* (2013) ont estimé une augmentation d'ingestion totale de 0,5 kg MS, tous types de rations confondus. La faible variation de lait brut constatée est conforme à celles observées avec de l'ensilage de maïs dans les deux publications précédemment citées ; l'estimation de quantité d'énergie supplémentaire a été cependant supérieure à 1,5 UFL. L'augmentation de TP (0,9 g/kg) a paru plus élevée que celles observées de 0,3 g/kg à partir de rations maïs avec du soja (Brunschwig *et al.*, 1996) ou celle prédite par Martineau *et al.* (2013) de 0,7 g/kg à partir de références européennes. L'augmentation de production de protéines (85 g/j) observée avec le colza a été surévaluée par rapport à celles prédites toutes rations confondues (56 g/j) ou en remplacement de tourteau de soja (36 g/j) par Martineau *et al.* (2013). Cependant, la ration colza de cet essai comportait 21,4 % de tourteau de colza (5,3 kg MS), alors que la base de la méta-analyse citée rassemblait des essais ne dépassant pas 4,0 kg de colza soit 17,2 % de la MS totale ingérée.

L'augmentation de la teneur en protéines, en caséines et du rapport caséines/protéines avec le traitement « colza » pourrait être une conséquence d'une augmentation de la fourniture en AA essentiels (His, Lys, Met) (Martineau *et al.*, 2013). La teneur supérieure en méthionine de la ration « colza » permettrait une augmentation moyenne du TP de +0,5 g/kg selon INRA (2010). La diminution de la teneur en calcium du lait serait liée à un phénomène de dilution, la quantité de calcium produite ayant été la même avec les 2 traitements. Il n'y a pas eu d'effet significatif du traitement "colza" sur la teneur en phosphore du lait alors que les apports ont été presque doublés dans la ration ce qui suggère soit une accretion osseuse accrue, soit une augmentation de la perte de phosphore par l'urine et les fèces. L'effet du tourteau de colza sur le profil en acides gras des laits est conforme aux résultats de la bibliographie (Bayourthe *et al.*, 2000 ; Colin *et al.*, 2008 ; Houssin *et al.*, 2004). La diminution des AG saturés serait due à un apport plus important d'AG insaturés avec le tourteau de colza qui inhiberait la synthèse des AG courts et moyens (Chilliard *et al.*, 2004). La légère augmentation du C18:3 est une conséquence de l'apport accru de cet acide gras avec le tourteau de colza. L'impact nutritionnel de cette augmentation est donc relativement faible.

Comme précédemment remarqué, l'utilisation de tourteau de colza a bien modifié les paramètres technologiques lors de la fabrication de fromages, avec un temps de prise et un raffermissement du gel allongés, probablement à cause d'une moindre minéralisation des caséines (Mietton *et al.*, 2004). La baisse de rendement pourrait en être la conséquence, avec sans doute une perte de matière grasse pendant la fabrication favorisée par une organisation du réseau protéique plus lente, d'autant plus que la matière grasse était plus fluide du fait d'une plus grande insaturation des AG. Cela a été confirmé par une tendance à une perte de matière grasse supérieure dans le lactosérum. Les différences de comportement technologique n'ont, par contre, pas eu d'incidence sur la composition finale des fromages, et donc sur leur texture. La différence de composition en AG n'a pas eu les conséquences attendues sur la texture, à savoir une moindre résistance mécanique due à une matière grasse plus fluide. Par ailleurs, alors qu'une matière grasse plus insaturée risquait d'entraîner des défauts d'oxydation, aucun arôme ni composé volatil associé à ce problème n'a été modifié. Les aldéhydes, esters et composés soufrés modifiés sont plutôt la marque d'un métabolisme des acides aminés différent. Le changement de régime semble donc plutôt avoir affecté les activités microbiennes. Cela a pu venir de la modification de la composition en AG, certains ayant des effets inhibiteurs sur les bactéries (Jenkins & Courtney, 2003). Cela a pu aussi être lié à la différence de composition de la matière azotée, qui aurait joué à la fois sur la croissance des microorganismes et sur la disponibilité des précurseurs de composés volatils. Le changement de régime a semblé affecter davantage les saveurs que les arômes des fromages étudiés. La saveur salée a varié sans variation de la teneur en sel. Il faut peut-être relier l'augmentation de la perception salée à l'augmentation des perceptions piquante et métallique. Ces deux sensations chimiques communes sont quant à elles les seules perceptions sensorielles qui peuvent être directement liées à une oxydation supérieure des acides gras apportés par le colza.

CONCLUSION

Les rations utilisées dans cet essai reflètent bien celles mises en place par les éleveurs laitiers des régions de plaine disposant d'ensilage de maïs avec peu d'herbe conservée dans la ration (jusqu'à un quart des fourrages). Le remplacement de tourteau de soja par du tourteau de colza

améliore la teneur en protéines des laits et la production de matière protéique. Le taux de protéines solubles n'est pas augmenté et le rapport caséines/protéines est amélioré.

Malgré cela, la composition du lait semble moins favorable à la transformation fromagère sur le plan du rendement fromager, sans doute à cause d'un rapport Ca/caséines diminué.

Les caractéristiques sensorielles des fromages issus de lait produit avec du tourteau de colza sont peu modifiées, et les changements les plus perceptibles, qui touchent les saveurs, semblent peu susceptibles d'altérer l'acceptabilité des produits.

L'utilisation en élevage de tourteau de colza ne modifiera pas les caractéristiques technologiques de produits laitiers non égouttés (yaourt, fromage blanc) issus d'alimentation avec du tourteau de colza. Pour les fromages, une correction minérale ou des modifications technologiques (température et/ou pH à l'emprésurage par exemple) peuvent être envisagées pour corriger le retard de raffermissement du gel et la diminution du rendement.

Ces premiers résultats, mettant en lien la présence de tourteau de colza pour compléter la ration avec les caractéristiques et la qualité organoleptique des fromages, nécessitent d'être approfondis, pour étudier la possibilité de corriger le rendement fromager, et étendus à d'autres technologies fromagères, pour valider l'absence de diminution de la qualité sensorielle des fromages.

Les auteurs remercient l'Onidol pour son soutien financier. Ce travail a été conduit dans le cadre du programme de l'UMT Riel.

Agreste, 2014. Les matières premières de l'alimentation animale en 2012.

<http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/industries-agroalimentaires-529/alimentation-animale-922/>

Bayourthe C., Enjalbert F., Moncoulon R., 2000. J. Dairy Sci., 83, 690-696

Brunschwig P., Cadot M., Lemarié J., 1996. "Le point sur" le tourteau de colza pour les bovins, Idele Editeur, 53p

Chilliard Y., Ferlay A., 2004. Rep. Nutr. Dev., 44, 467-492

Colin G., Ferlay A., Hauwuy A., Bonetti B., Chilliard Y., Martin B., 2008. Renc. Rech. Ruminants 15, 118

Houssin B., Chenais F., Hardy A., 2004. Renc. Rech. Ruminants 11, 106

INRA, 2010. Alimentation des vaches laitières. In Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. Quae, Paris. pp. 23-58

Jenkins J.K., Courtney P.D., 2003. Can. J. Microbiol. 49, 51-57

Martineau R., Ouellet D. R., Lapierre H., 2013. J. Dairy Sci., 96,1701-1714

Mietton B., Gaucheron F., Salaün-Michel F., 2004. Minéraux et transformations fromagères. In Minéraux et produits laitiers, Gaucheron F. (Coord.), Ed. Tec & Doc, Paris. Pp. 471-563

Proléa, 2012. Statistiques des Oléagineux et Protéagineux 2012-2013. (Editeur), Paris. 48p