
L'acidose chez la chèvre laitière et l'usage du carbonate de potassium (K_2CO_3) : impact sur les composants du lait et la production

Rapport

Rédigé par:

Stéphanie Dion, étudiante, Université Laval

En collaboration avec :

Marie-Eve Brassard, agr., M.Sc., Université Laval

Johanne Vary, agr., MAPAQ

Janie Lévesque, agr., M.Sc., CRSAD

Daniel Rico, Ph.D., CRSAD

Rachel Gervais, agr. Ph.D., Université Laval

Yvan Chouinard, agr. Ph.D., Université Laval

Novembre 2017



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Responsables scientifiques et répondants du projet : Janie Lévesque, chargée de projets et Yan Martel-Kennes, directeur scientifique, CRSAD et Yvan Chouinard, chercheur, Université Laval

Étudiante à la maîtrise : Stéphanie Dion, Université Laval

Ouvriers agricoles : Luc Gignac, Paul Montambault et Michaël Benoit, CRSAD

Autres professionnels impliqués : Marie-Ève Brassard, doctorante et professionnelle de recherche, Rachel Gervais, chercheur, Université Laval; Pierre Ruel, ingénieur, CRSAD; Chantale Lemieux, Johanne Vary et Alain Fournier, conseillers, MAPAQ; Violette Caron-Simard, étudiante en agronomie

PARTENAIRES FINANCIERS ET COLLABORATEURS

Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région pour la mise à niveau du système d'alimentation individuelle à la chèvrerie du CRSAD ; une étape préalable à la réalisation de l'essai.

Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD)

Université Laval

Directions régionales du Centre-du-Québec, MAPAQ

SITE EXPÉRIMENTAL

Centre de recherche en sciences animales de Deschambault

REMERCIEMENTS

Des remerciements sont attribués aux partenaires et collaborateurs, mais également à ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la présente étude :

La Société des Éleveurs de Chèvres Laitières de Race du Québec (SECLRQ)

François Massicotte, Conseiller spécialisé secteurs ruminant et équin, la Coop Fédérée

Micheline Gingras, technicienne de laboratoire et Yolaine Lebeuf, professionnelle de recherche, Université Laval

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Introduction.....	1
1.1 Objectif du projet	2
2 Matériel et méthodes	2
2.1 Traitements et dispositif expérimental.....	2
2.2 Mesures, échantillonnages et Analyses	5
2.2.1 Poids et prise alimentaire.....	5
2.2.2 Production laitière et composants du lait.....	6
2.2.3 Contenu ruminal	7
2.2.4 Paramètres sanguins.....	7
2.3 Analyse statistique.....	8
3 Résultats et discussion	9
3.1 Poids, prise alimentaire, production laitière et composants du lait	9
3.2 Profil en acides gras du lait.....	13
3.3 Paramètres ruminiaux	17
3.4 Paramètres sanguins.....	19
3.5 Résultats technico-économiques	21
Conclusion.....	23
Références bibliographiques.....	24

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1	Composition des rations totales mélangées expérimentales..... 3
Tableau 2	Composition nutritionnelle des rations totales mélangées en prétraitement et en phase expérimentale 4
Tableau 3	Poids, prise alimentaire et performances laitières de chèvres recevant une ration acidogène sans K_2CO_3 durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K_2CO_3 pour les deux périodes (P, préventif) et avec K_2CO_3 uniquement durant la période 2 (C, curatif). 12
Tableau 4	Profil en acides gras du lait des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K_2CO_3 durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K_2CO_3 pour les deux périodes (P, préventif) et avec K_2CO_3 uniquement durant la période 2 (C, curatif). 14
Tableau 5	pH, azote ammoniacal et acides gras volatils du contenu ruminal des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K_2CO_3 durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K_2CO_3 pour les deux périodes (P, préventif) et avec K_2CO_3 uniquement durant la période 2 (C, curatif). 18
Tableau 6	Paramètres sanguins chez les chèvres laitières en début de lactation alimentées d'une ration acidogène sans K_2CO_3 pour les deux périodes (T, témoin), avec K_2CO_3 pour les deux périodes (P, préventif) et avec K_2CO_3 uniquement dans la période 2 (C, curatif) 20
Tableau 7	Calcul des charges liées à l'alimentation, du revenu de la vente de lait et de la marge brute pour les chèvres laitières en début de lactation alimentées d'une ration acidogène sans K_2CO_3 pour les deux périodes (T, témoin), avec K_2CO_3 pour les deux périodes (P, préventif) et avec K_2CO_3 uniquement dans la période 2 (C, curatif) 22

INTRODUCTION

Les chèvres sont reconnues comme étant de « fines bouches », triant activement leur ration pour consommer plus de concentrés que de fourrages. Le comportement alimentaire sélectif des chèvres et la quantité appréciable de concentrés dans la ration servie en début lactation les rend plus à risque de développer l'acidose clinique et subclinique causant une chute du taux de gras du lait. La chute de la sécrétion des matières grasses peut être suffisante pour engendrer le phénomène d'inversion de taux, c.-à-d. le taux de matières grasses du lait qui devient inférieur au taux de protéines. En 2015, 63 % des troupeaux caprins sous la supervision de Valacta avaient un contrôle laitier ou plus pendant l'année où l'on pouvait observer des inversions de composantes (Brunelle, 2016). Cette baisse importante de la teneur en matières grasses du lait a un impact négatif sur la rentabilité des entreprises caprines et sur la transformation fromagère, le principal marché du lait de chèvre (Chilliard et al., 2003, Morand-Fehr et al., 2007).

Pour pallier cette problématique, de récentes études chez la vache laitière ont démontré que l'ajout de carbonate de potassium (K_2CO_3) dans les rations en début de lactation permettrait de mieux contrôler l'acidose et la teneur en matières grasses du lait (Harrison et al., 2012, Jenkins et al., 2014). En effet, lors d'un essai *in vitro*, Jenkins et al. (2014) ont démontré que l'ajout de K_2CO_3 permettait de diminuer la production des intermédiaires de la biohydrogénation dans le rumen (C18:1 *trans*-10 et C18:2 *trans*-10, *cis*-12), qui sont impliqués dans la réduction de la synthèse des matières grasses du lait. Le mécanisme par lequel la supplémentation de K_2CO_3 réduit les impacts négatifs des rations acidogènes et prévient la chute des matières grasses n'est pas encore établi. Cependant, ces bienfaits sont généralement attribués à son pouvoir tampon et son apport en potassium qui augmente la différence alimentaire cation-anion (DACA), une condition à privilégier en début de lactation.

1.1 OBJECTIF DU PROJET

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets du carbonate de potassium (K_2CO_3) comme traitement préventif et/ou curatif de la chute du taux de matières grasses du lait chez des chèvres en début de lactation recevant une ration riche en concentrés.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

La phase animale a été réalisée d'octobre 2015 à février 2016 au Centre de Recherche en Sciences Animales de Deschambault (Deschambault, QC, Canada).

2.1 TRAITEMENTS ET DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Trente chèvres de race Alpine (21 multipares et 9 primipares) en début de lactation, alimentées individuellement à partir du chevrotage grâce à un système de portes Calan (American Calan, Northwood, NH, États-Unis), ont reçu une ration totale mélangée (RTM) dont le rapport fourrage : concentré était de 55:45, sur une base de matière sèche (MS), durant une période de prétraitement (27 ± 4 jours post-partum). Après cette période d'adaptation, un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets (10 blocs de 3 chèvres) a été appliqué durant 2 périodes expérimentales de 28 jours. Durant ces phases, les chèvres ont reçu un régime acidogène contenant 45 % de fourrages et 55 % de concentrés (base MS), les facteurs de blocage étant la date de chevrotage, la parité (primipare et multipare) ainsi que le taux de matières grasses du lait. À l'intérieur de chaque bloc, les chèvres étaient subséquemment assignées de façon aléatoire à 1 des 3 traitements suivants : 1) la ration acidogène sans supplément pendant les 2 périodes expérimentales (P1 et P2), identifiée comme témoin (T); 2) la ration acidogène avec supplément de K_2CO_3 (1,6 % de la MS) durant les 2 périodes, identifiée comme traitement préventif (P); et 3) la ration acidogène sans supplément pendant la période 1 suivie de la ration

avec supplément de K_2CO_3 en période 2, identifiée comme traitement curatif (C). Les rations étaient composées d'ensilage de mil, d'ensilage de luzerne, de fin gluten, de maïs concassés et d'un mélange de vitamines et minéraux (tableau 1). La composition nutritionnelle des rations est présentée au tableau 2. Une introduction progressive des rations acidogènes a été effectuée pendant deux jours au début de la période 1. Afin de faciliter les déplacements au quai de traite, les chèvres recevaient 75 grammes deux fois par jour d'un produit appelé C Synchro^{MC} Pulpolac (La Coop Fédérée, Montréal, QC, Canada). Tout au long de l'expérience, les RTM ont été offertes aux chèvres deux fois par jour (10h00 et 18h00) et la quantité de ration distribuée était ajustée selon la prise alimentaire du jour précédent afin d'obtenir 10 % de refus. Les ensilages ont été échantillonnés chaque semaine et séchés pendant 72 h à 55°C dans un four à air forcé afin de déterminer la concentration de MS et ajuster, par la suite, les proportions d'ensilages dans les RTM sur une base telle que servie ; l'objectif étant d'offrir un régime constant aux chèvres et conserver toujours le même rapport fourrage : concentré. Les chèvres avaient accès à l'eau en tout temps et le lit de paille a été remplacé par des copeaux de bois afin d'éviter qu'elles ne consomment la litière.

Tableau 1 : Composition des rations totales mélangées expérimentales

Ingrédient, % de matière sèche	Prétraitement	Traitement	
		Témoin	K_2CO_3
Fourrages,	55	45	44
Ensilage de luzerne	34	17	17
Ensilage de mil	21	28	27
Concentrés,	45	55	56
Maïs concassé	35	45	45
Fin gluten de maïs	8	8	8
Mélange minéraux-vitamines ¹	2	2	2
K_2CO_3 ²	-----	-----	1,6

¹Minéral Synchro 20-2T, La Coop, Montréal, QC, Canada. Contient sur une base de MS, 200 g/kg de Ca, 20 g/kg de P, 95 g/kg de Na, 50 g/kg de Mg, 1 g/kg de K, 14 g/kg de S, 45 mg/kg de I, 1 840 mg/kg de Fe, 600 mg/kg de Cu, 2 000 mg/kg de Mn, 3 000 mg/kg de Zn, 25 mg/kg de Se, 20 mg/kg de Co, 200 mg/kg de F, 300 kUI de vitamine A, 100 kUI de vitamine D, et 1 500 UI de vitamine E.

²Stabilized Potassium Carbonate, Church & Dwight Co., Inc, Princeton, NJ, États-Unis.

Tableau 2 : Composition nutritionnelle des rations totales mélangées en prétraitement et en phase expérimentale

Élément	Prétraitement	Traitement			
		Période 1		Période 2	
		Témoin	K ₂ CO ₃	Témoin	K ₂ CO ₃
Matière sèche (MS), % telle que servie	44,60	48,20	48,60	49,30	49,80
Matière organique, % MS	93,48	93,53	91,97	93,51	92,24
Protéines brutes, % MS	15,36	14,95	15,02	15,15	15,04
Fibres au détergent neutre (NDF), % MS	30,66	29,65	29,37	30,44	29,64
Fibres au détergent acide (ADF), % MS	26,49	22,11	22,71	25,13	24,03
Amidon, % MS	21,02	24,88	22,99	22,74	23,21
Énergie nette de lactation, Mcal/kg MS	1,62	1,74	1,72	1,74	1,72
Minéraux, % MS					
Na	0,26	0,26	0,25	0,26	0,25
K	1,50	1,40	2,20	1,40	2,20
Cl	0,65	0,51	0,51	0,51	0,51
S	0,28	0,26	0,26	0,26	0,26
DACA ¹ , mEq/kg MS	139	165	365	165	365
Acides gras, g/100 g d'acides gras					
C12:0	0,24	0,21	0,22	0,22	0,21
C14:0	0,45	0,45	0,46	0,45	0,44
C14:1 <i>cis</i> -9	0,10	0,08	0,08	0,06	0,06
C16:0	17,25	16,76	17,20	17,44	17,56
C16:1 <i>cis</i> -9	0,28	0,26	0,24	0,24	0,25
C18:0	2,46	2,41	2,46	2,47	2,53
C18:1 <i>cis</i> -9	15,96	16,88	16,77	16,85	17,40
C18:1 <i>cis</i> -11	0,86	0,79	0,80	0,75	0,81
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	41,18	41,82	41,50	41,79	42,23
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	20,17	19,35	19,27	18,73	17,52
C20:0	0,70	0,67	0,68	0,68	0,68
Acides gras, mg/g MS					
C12:0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
C14:0	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
C14:1 <i>cis</i> -9	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02
C16:0	4,52	4,41	4,38	4,57	4,56
C16:1 <i>cis</i> -9	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
C18:0	0,64	0,63	0,63	0,65	0,66
C18:1 <i>cis</i> -9	4,18	4,44	4,27	4,42	4,52
C18:1 <i>cis</i> -11	0,23	0,21	0,20	0,20	0,21
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	10,79	11,01	10,57	10,96	10,97
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	5,28	5,09	4,91	4,91	4,55
C20:0	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18
Total	26,10	26,24	25,39	26,14	25,90

¹Différence alimentaire cations-anions = [Na + K] - [Cl + S].

2.2 MESURES, ÉCHANTILLONNAGES ET ANALYSES

2.2.1 Poids et prise alimentaire

Les données de poids, de consommation et les échantillons ont été recueillis au cours des 5 derniers jours de la période de prétraitement et des deux périodes expérimentales. Les chèvres étaient pesées en matinée sur 2 jours consécutifs alors que la prise alimentaire quotidienne de chaque chèvre a été calculée en soustrayant les refus, qui ont été pesés au préalable, de la quantité totale de RTM offerte chaque jour. Les RTM et les refus ont été échantillonnés chaque jour pendant les périodes de collecte. Pour chacune des trois périodes, des échantillons composites de RTM ont été formés selon les traitements alors que les échantillons de refus ont été regroupés par chèvre et ont été congelés à -20°C. Pour déterminer la teneur en MS, les échantillons de RTM et de refus ont été décongelés à température ambiante et séchés pendant 3 jours à 55°C dans un four à air forcé. Ils ont ensuite été moulus à 1 mm à l'aide d'un moulin Wiley (modèle 4, Arthur M. Thomas Co., Philadelphie, PA). Au laboratoire, les analyses effectuées sur ces échantillons ont été : la MS analytique (méthode 934.01; AOAC International, 2005), les fibres au détergent acide (ADF; Ankom Technology, Fairport, NY, États-Unis, méthode 5: ADF pour les aliments-technique des sacs filtrants A200, les solutions utilisées étaient celles de la méthode 973.18, AOAC International, 2005), les fibres au détergent neutre (NDF; Ankom Technology, méthode 6: NDF pour les aliments-technique des sacs filtrants A200, les solutions utilisées étaient celles de la méthode de Van Soest et al., 1991 avec l'inclusion d' α -amylase stable à la chaleur), les protéines brutes (méthode 2001.11, AOAC International, 2005), les cendres (méthode 942.05, AOAC International, 2000) et l'amidon (Hall, 2009). Le profil en acides gras des RTM a été obtenu par chromatographie en phase gazeuse selon la méthode décrite par Fauteux et al. (2016).

2.2.2 Production laitière et composants du lait

Tout au long de l'expérience, les chèvres ont été traitées deux fois par jour à 7h00 et 17h00. Lors de chacune des trois périodes de collecte, la production laitière a été mesurée pendant six traites consécutives en utilisant une balance prévue à cette fin (Goat Milk Meter, Waikato MKV, Hamilton, Nouvelle-Zélande) et des échantillons de lait ont été collectés. Proportionnellement à la production laitière de chaque chèvre, les échantillons de lait du soir et du matin ont été mélangés à chacun des trois jours de collecte, stockés à 4°C avec du Bronopol (2-bromo-2-nitropropane-1,3-dio), qui est un agent de conservation, et acheminés chez Valacta (Ste-Anne-de-Bellevue, QC, Canada) pour l'analyse des composants (matières grasses, protéines, lactose, cellules somatiques et l'azote uréique). L'analyse des composants du lait a été effectuée par spectroscopie d'absorption infrarouge avec un instrument Foss MilkoScan FT 6000 (Foss, Hillerød, Danemark). Le même échantillon a été utilisé pour le comptage de cellules somatiques avec l'appareil Fossomatic FC (Foss). Des échantillons de lait composites issus des six traites d'une même période ont été formés et conservés à -20°C pour l'analyse ultérieure du profil en acides gras. Les résultats d'analyses des composants du lait ont permis de calculer la production laitière corrigée pour l'énergie en utilisant l'équation suivante : $((38,9 \times \text{production de matières grasses (kg / j)}) + (23,8 \times \text{production de protéines (kg / j)}) + (16,3 \times \text{production de lactose (kg / j)})) / 3,14$ (Madsen et al., 2008) de même que la production laitière corrigée à 4 % de matières grasses selon l'équation suivante : $\text{production laitière (kg / j)} \times (0,411 + 0,147 \times \text{matières grasses du lait (\%)})$ (Mavrogenis et Papachristoforou, 1988).

Le profil en acides gras du lait a été déterminé selon Boivin et al. (2013), à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse (Agilent 7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, États-Unis) équipé d'une colonne capillaire CP-Sil-88 (100 m de longueur \times 0,25 mm de diamètre interne \times 0,20 mm d'épaisseur de film, Agilent Technologies Canada Inc., Mississauga, ON, Canada) et d'un détecteur d'ionisation à flamme.

2.2.3 Contenu ruminal

À chaque période de collecte, du liquide ruminal de chaque chèvre a été échantillonné pendant une journée aux temps 0, 2, 4, 6 et 8 h après le repas du matin. Afin de recueillir ces échantillons, un long tube de plastique connecté à un embout métallique ayant des ouvertures de 1 mm afin de filtrer le contenu ruminal a été inséré dans le rumen des chèvres via la gueule de l'animal. Le liquide a ainsi été aspiré avec une seringue de 60 ml et utilisé aussitôt pour la mesure du pH (pHTestr 30, Oakton Instruments, Vernon Hills, IL, États-Unis). Trois échantillons de 10 ml ont ensuite été préparés dans des flacons de verre de 20 ml contenant 200 µL de H₂SO₄ (50 %) et entreposés à -20°C pour l'analyse ultérieure de la concentration d'azote ammoniacal (N-NH₃) et des acides gras volatils (AGV).

Au moment des analyses, les échantillons de liquide ruminal ont été décongelés à température ambiante et centrifugés à 25,200 × g pendant 15 min à 4°C. Le surnageant a ensuite été transféré dans des microtubes. La concentration en N-NH₃ du liquide ruminal a été déterminée selon la méthode de Weatherburn (1967) avec un spectrophotomètre Varioskan (type 3001, Thermo Electron Corporation, Vantaa, Finlande) à une longueur d'onde de 625 nm. Quant au profil en AGV du liquide ruminal, celui-ci a été déterminé à partir d'un chromatographe en phase gazeuse (Agilent 7820, Agilent Technologies Canada Inc.) équipé d'une colonne capillaire HP-INNOWAX (30 m de longueur × 0,32 mm de diamètre interne × 0,25 µm d'épaisseur de film, Agilent Technologies Canada Inc.) et d'un détecteur d'ionisation à flamme.

2.2.4 Paramètres sanguins

L'avant-dernier jour de chaque période, et aussitôt la traite terminée, un échantillon de sang a été prélevé sur chaque chèvre via la veine jugulaire. L'échantillon a été recueilli dans un tube sous vide (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, États-Unis) et aussitôt transféré dans une seringue de 1,7 mL (Radiometer, Copenhague, Danemark), contenant 80 UI d'héparine, permettant de s'adapter à un

analyseur de gaz et de minéraux sanguin (ABL 77, Radiometer) qui mesure les paramètres suivants : hématoците, concentrations d'électrolytes (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} et Cl^-), HCO_3^- et pression partielle de CO_2 et d' O_2 .

2.3 ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été analysées en considérant un dispositif en blocs complets randomisés à partir de la procédure MIXED de SAS (version 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, États-Unis). Les données de la période de prétraitement ont servi de covariable pour ajuster celles des périodes expérimentales (P1 et P2). Chaque période a été analysée séparément. Le modèle suivant a été utilisé :

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + C + \varepsilon_{ij}$$

où Y_{ij} est la variable observée, μ est la moyenne globale, T_i désigne l'effet fixe du traitement ($i =$ Témoin, Préventif ou Curatif), B_j est l'effet aléatoire du bloc ($j = 1$ à 10), C représente l'ajustement de la covariable pour chaque chèvre ($C = 1$ à 30), et ε_{ij} est l'erreur aléatoire associée à l'unité expérimentale dans le bloc j qui a reçu le traitement i .

Les paramètres ruminiaux (pH, N-NH₃ et AGV) ont été analysés comme étant des mesures répétées, en utilisant l'option REPEATED de la procédure MIXED de SAS. Le modèle suivant a été employé :

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + H_j + (T \times H)_{ij} + A_{(k)_l} + B_l + C + \varepsilon_{ijkl}$$

où Y_{ijkl} est la réponse observée au temps j de l'animal k ayant reçu le traitement i dans le bloc l , μ est la moyenne globale, T_i désigne l'effet fixe du traitement ($i =$ Témoin, Préventif ou Curatif), H_j réfère à l'effet fixe du temps d'échantillonnage ($j = 0, 2, 4, 6, \text{ et } 8$ h après le repas), $(T \times H)_{ij}$ est l'effet fixe de l'interaction, $A_{(k)_l}$ est l'effet aléatoire de la chèvre ($k = 1$ à 3) dans le bloc ($l = 1$ à 10), B_l est l'effet aléatoire du bloc, C

est l'ajustement de la covariable pour les paramètres ruminiaux de chaque chèvre ($C = 1$ à 30), et ε_{ijk} est l'erreur aléatoire associée à la chèvre k dans le bloc l qui a reçu le traitement i au temps j .

Étant donné qu'il n'y avait pas d'interactions entre les traitements et le temps d'échantillonnage pour le pH du rumen, l' $N-NH_3$ et les proportions d'AGV, les valeurs ont été combinées par période et analysées selon le modèle mentionné précédemment. Des contrastes *a priori* ont été utilisés à la fin de P1 pour évaluer l'effet préventif du K_2CO_3 (Témoin ($n=20$) versus Préventif ($n=10$)) et à la fin de P2 de manière à évaluer le potentiel du K_2CO_3 à corriger la chute du taux de gras du lait (Témoin ($n=10$) versus Curatif ($n=10$) et Préventif ($n=10$) versus Curatif ($n=10$)). Les résultats présentés dans ce document sont des moyennes ajustées par le modèle statistique (moyennes des moindres carrés). Les différences entre les traitements sont déclarées significatives lorsque la valeur de P est $\leq 0,05$ et les tendances sont considérées entre $P > 0,05$ et $P \leq 0,10$.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 POIDS, PRISE ALIMENTAIRE, PRODUCTION LAITIÈRE ET COMPOSANTS DU LAIT

Dans le but de vérifier les effets de la supplémentation préventive ou curative du K_2CO_3 sur les performances des chèvres laitières et plus particulièrement sur la synthèse des matières grasses du lait, il fallait favoriser l'apparition d'une inversion de taux. Pour ce faire, les chèvres en début de lactation ont été alimentées avec une ration contenant un faible rapport fourrage : concentré pendant 56 jours. La prise alimentaire des chèvres recevant le traitement témoin est passée de 2,82 kg/jour en période prétraitement à 2,91 kg/jour en P1 et à 2,74 kg/j la fin de P2. De plus, on constate que la prise alimentaire des chèvres recevant le K_2CO_3 de façons préventive et curative a été modifiée en P1 et P2 (tableau 3). Les chèvres recevant le K_2CO_3 de façon préventive ont obtenu une prise alimentaire plus faible que les chèvres sans suppléments dans leur RTM en P1 (2,57 vs. 2,91 kg MS/j; $P < 0,02$). Le même scénario

s'est produit en P2, les chèvres qui ont reçu de façon curative la ration avec K_2CO_3 comparé aux chèvres du traitement témoin ont obtenu une prise alimentaire plus faible (2,35 vs. 2,74 kg MS; $P < 0,02$). Selon une étude réalisée par Neathery et al. (1980), la diminution de la prise alimentaire observée chez des veaux de race Holstein recevant des rations contenant deux niveaux de K_2CO_3 (2 et 4 %) serait attribuable à une faible palatabilité. En effet, il est reconnu que le K_2CO_3 a un goût amer et qu'il peut provoquer une réaction négative sur la consommation des chèvres (Massicotte, 2015). La diminution de la prise alimentaire observée dans la présente étude pourrait également avoir été provoquée par l'inappétence du K_2CO_3 . Cet effet indésirable sur la consommation pourrait potentiellement expliquer le poids plus faible et les pertes de poids des chèvres qui recevaient du K_2CO_3 en P1 et P2. Ces résultats sont en accord avec ceux d'Alfonso-Avila et al. (2017) qui ont observé, chez des vaches laitières recevant du K_2CO_3 , une prise alimentaire numériquement plus faible et une tendance à la baisse du poids des animaux.

Les chèvres en prétraitement ont obtenu une production laitière de 4,05 kg/j, alors que celles recevant le traitement témoin ont produit 4,21 et 4,05 kg de lait par jour respectivement en P1 et P2. La production laitière des chèvres recevant un apport de K_2CO_3 n'a pas été différente pour les comparaisons effectuées à chaque période. Aucune différence n'apparaît entre les traitements, ni pour la production laitière corrigée pour l'énergie, ni pour celle corrigée à 4 % de matières grasses. En P1, une augmentation de l'efficacité alimentaire pour la production laitière mesurée ($P = 0,05$) et une tendance à la hausse pour celle corrigée à 4 % de matières grasses ($P = 0,06$) ont été observées chez les chèvres recevant préventivement du K_2CO_3 . Cette augmentation de l'efficacité alimentaire ne s'est toutefois pas maintenue et n'est pas apparue chez les chèvres recevant du K_2CO_3 en P2.

Des répercussions à long terme sur la teneur et la production des matières grasses de même que sur le rapport matières grasses : protéines ont été observées à la suite d'une alimentation riche en concentrés pendant 56 jours. Respectivement, ces paramètres sont passés de 4,27 %, 173 g/j et 1,25 en

prétraitement à 3,58 %, 151 g/j et 1,04 en fin de P1 et puis jusqu'à 3,38 %, 137 g/j et 0,99 en fin de P2 pour le groupe témoin. Une inversion des composants du lait a été obtenue au terme des 56 jours de traitement. L'augmentation des concentrés pendant la phase expérimentale a donc eu l'effet escompté, permettant ainsi de vérifier l'impact du K_2CO_3 . Malgré ces conditions propices, le taux et la production de matières grasses, ainsi que le rapport matières grasses : protéines du lait des chèvres qui recevaient du K_2CO_3 en P1 comparé au témoin sont restés les mêmes. Le même phénomène se produit en P2, alors que les apports de K_2CO_3 donnés de façons préventive et curative n'ont pas permis de prévenir ou de corriger une inversion des composants chez des chèvres alimentées d'une ration riche en concentrés.

Tableau 3 : Poids, prise alimentaire et performances laitières de chèvres recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement durant la période 2 (C, curatif).

Paramètre	Prétraitement	Traitement								Valeur de P		
		Période 1 (P1)			Période 2 (P2)				P1 T vs P	P2		
		Témoin (T)	Préventif (P)	Erreur -type	Témoin (T)	Préventif (P)	Curatif (C)	Erreur -type		T vs C	P vs C	
Nombre de chèvres	30	20	10		10	10	10					
Poids, kg	61,30	62,70	61,10	0,85	61,40	60,40	60,20	0,64	0,07	0,18	0,85	
Changement de poids												
vs prétraitement, kg/28 j		1,34	-0,19	0,83					0,09			
vs prétraitement, kg/56 j					0,14	-0,88	-1,19	0,74		0,14	0,72	
vs P1, kg/28 j					-1,43	-0,69	-2,31	0,80		0,20	0,02	
Prise alimentaire (PA), kg MS/j	2,82	2,91	2,57	0,11	2,74	2,56	2,35	0,11	0,02	0,02	0,18	
Production laitière, kg/j												
Mesurée	4,05	4,21	4,04	0,18	4,05	3,65	3,43	0,26	0,26	0,11	0,54	
Corrigée pour l'énergie ¹	4,13	3,92	3,78	0,15	3,65	3,24	3,31	0,30	0,21	0,43	0,88	
Corrigée à 4% de MG ²	4,20	3,95	3,84	0,15	3,72	3,28	3,30	0,32	0,31	0,37	0,96	
Efficacité alimentaire ³ , kg/kg												
Production mesurée/PA	1,44	1,46	1,55	0,06	1,46	1,44	1,48	0,08	0,05	0,91	0,76	
LCE/PA	1,47	1,36	1,45	0,06	1,32	1,30	1,45	0,11	0,11	0,37	0,30	
LCMG/PA	1,50	1,37	1,47	0,06	1,34	1,32	1,45	0,12	0,06	0,49	0,40	
Composition du lait												
Matières grasses (MG), %	4,27	3,58	3,67	0,10	3,38	3,44	3,25	0,09	0,48	0,36	0,16	
Protéines (P), %	3,42	3,43	3,40	0,04	3,50	3,44	3,57	0,07	0,48	0,46	0,20	
Lactose, %	4,49	4,42	4,36	0,04	4,24	4,24	4,26	0,07	0,25	0,85	0,81	
Rapport MG : P	1,25	1,04	1,09	0,03	0,99	0,97	0,96	0,04	0,15	0,62	0,84	
Cote de CS ⁴	4,68	6,65	6,63	0,47	6,96	5,97	6,51	0,75	0,97	0,45	0,36	
Azote uréique, mg/dL	24,00	20,90	22,30	0,61	18,20	19,20	20,40	0,80	0,03	0,04	0,24	
Production des composants												
Matières grasses, g/j	173	151	148	6,20	137	126	113	10,09	0,50	0,13	0,38	
Protéines, g/j	138	143	136	5,40	138	124	127	8,90	0,09	0,38	0,82	
Lactose, g/j	182	186	176	8,00	167	151	152	13,10	0,21	0,43	0,96	

¹Production corrigée pour l'énergie (LCE) = ((38,9 × production de gras (kg / j)) + (23,8 × production de protéine (kg / j)) + (16,3 × production de lactose (kg / j))) / 3,14 (Madsen et al., 2008).

²Production corrigée à 4% de matières grasses (LCMG) = (production laitière (kg / j) × (0,411 + 0,147 × matières grasses du lait (%)) (Mavrogenis et Papachristoforou, 1988).

³Efficacité alimentaire = production laitière (kg/j) / prise alimentaire (PA) (kg MS/j).

⁴Cote de CS (cellules somatiques) = log₂(Comptage de CS/100 000) + 4 (Shook, 1982).

3.2 PROFIL EN ACIDES GRAS DU LAIT

Sachant que l'augmentation des concentrés dans l'alimentation des chèvres a fait diminuer le taux et la production de matières grasses, de même que le rapport matières grasses : protéines, la proportion de certains acides gras dans le lait des chèvres s'est aussi vu être modifiée (tableau 4). L'objectif d'ajouter du K_2CO_3 dans l'alimentation des chèvres était de vérifier si ce supplément minéral pouvait prévenir ou limiter la déviation des bactéries du rumen vers le sentier de biohydrogénation *trans*-10 au détriment du sentier *trans*-11. Les indicateurs de ce changement sont les acides gras C18:1 *trans*-10 et C18:2 *trans*-10, *cis*-12, ainsi que le rapport C18:1 *trans*-11 / C18:1 *trans*-10. À la période prétraitement, les chèvres produisaient un lait contenant 0,893 % de C18:1 *trans*-11 et 0,283 % de C18:1 *trans*-10 pour un rapport de 3,50. En P1, les chèvres du traitement témoin ont produit un lait contenant 0,781 % de C18:1 *trans*-11 et 0,349 % de C18:1 *trans*-10 pour un rapport de 2,37. En P2, les mêmes chèvres ont produit un lait contenant 0,797 % de C18:1 *trans*-11 et 0,327 % de C18:1 *trans*-10 pour un rapport de 2,50. On constate donc pour le traitement témoin que le rapport C18:1 *trans*-11 / C18:1 *trans*-10 a diminué de 32 % en P1 et de 29 % en P2 par rapport à la période prétraitement. Ce changement du rapport nous indique que les bactéries du rumen ont favorisé le sentier de biohydrogénation du *trans*-10 au détriment du *trans*-11. Aucun effet du K_2CO_3 n'a été observé de manière préventive et curative en P1 et P2 pour la teneur en C18:1 *trans*-10 et le rapport C18:1 *trans*-11 / C18:1 *trans*-10. Le K_2CO_3 n'a donc pas eu les effets escomptés sur les sentiers de biohydrogénation des acides gras polyinsaturés lorsque les chèvres ont reçu une ration acidogène en début lactation.

Tableau 4 : Profil en acides gras du lait des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement durant la période 2 (C, curatif).

Paramètre, g/100g de gras	Prétraitement	Traitement								Valeur de P		
		Période 1 (P1)			Période 2 (P2)				P1	P2		
		Témoin	Préventif	Erreur	Témoin	Préventif	Curatif	Erreur		T vs P	T vs C	P vs C
(T)	(P)	-type	(T)	(P)	(C)	-type						
C4:0	2,26	2,04	2,01	0,06	2,25	2,10	2,03	0,07	0,63	0,04	0,54	
C6:0	2,18	1,93	1,91	0,07	2,05	1,86	1,78	0,06	0,75	0,01	0,33	
C8:0	2,60	2,33	2,29	0,10	2,24	2,11	1,99	0,08	0,74	0,05	0,34	
C10:0	9,20	8,72	8,84	0,35	7,90	7,94	7,35	0,29	0,78	0,19	0,17	
C10:1 <i>cis</i> -9	0,188	0,186	0,184	0,010	0,175	0,163	0,157	0,011	0,90	0,23	0,71	
C11:0	0,076	0,080	0,088	0,009	0,064	0,072	0,067	0,005	0,40	0,68	0,56	
C12:0	4,73	4,92	5,11	0,20	3,91	4,41	4,12	0,19	0,40	0,44	0,31	
C12:1 <i>cis</i> -9	0,105	0,127	0,131	0,008	0,088	0,099	0,098	0,009	0,64	0,42	0,97	
<i>iso</i> -C13:0	0,018	0,020	0,021	0,002	0,022	0,018	0,019	0,001	0,83	0,15	0,42	
<i>anteiso</i> -C13:0	0,014	0,015	0,015	0,001	0,016	0,015	0,016	0,001	0,66	0,97	0,71	
C13:0	0,068	0,073	0,079	0,005	0,067	0,070	0,072	0,004	0,35	0,39	0,71	
<i>iso</i> -C14:0	0,102	0,098	0,084	0,008	0,092	0,098	0,104	0,008	0,16	0,25	0,61	
C14:0	10,10	10,60	10,90	0,20	9,80	10,52	10,29	0,26	0,24	0,20	0,54	
C14:1 <i>cis</i> -9	0,118	0,145	0,148	0,008	0,117	0,137	0,135	0,009	0,62	0,11	0,87	
C14:1 <i>cis</i> -11	0,105	0,126	0,127	0,007	0,095	0,103	0,110	0,010	0,87	0,27	0,60	
<i>iso</i> -C15:0	0,156	0,148	0,146	0,004	0,153	0,142	0,159	0,006	0,66	0,47	0,07	
<i>anteiso</i> -C15:0	0,261	0,276	0,272	0,009	0,275	0,264	0,296	0,012	0,67	0,17	0,05	
C15:0	0,626	0,630	0,631	0,022	0,644	0,631	0,672	0,019	0,96	0,28	0,14	
<i>iso</i> -C16:0	0,290	0,311	0,287	0,025	0,286	0,296	0,337	0,026	0,45	0,15	0,23	
C16:0	21,30	21,80	22,30	0,30	22,90	23,10	22,80	0,62	0,21	0,88	0,69	
C16:1 <i>trans</i> -9	0,079	0,076	0,076	0,006	0,087	0,086	0,099	0,005	0,94	0,06	0,08	
<i>iso</i> -C17:0 ¹	0,242	0,233	0,224	0,008	0,226	0,230	0,236	0,007	0,32	0,28	0,49	
C16:1 <i>cis</i> -9	0,432	0,434	0,445	0,019	0,416	0,443	0,462	0,020	0,63	0,06	0,40	
<i>anteiso</i> -C17:0 ²	0,332	0,332	0,332	0,010	0,321	0,333	0,349	0,013	0,99	0,10	0,35	
C16:1 <i>cis</i> -11	0,017	0,017	0,017	0,001	0,019	0,021	0,019	0,002	0,89	0,82	0,50	
C16:1 <i>cis</i> -13	0,202	0,221	0,232	0,010	0,194	0,211	0,198	0,014	0,35	0,83	0,49	
C17:0	0,454	0,409	0,386	0,011	0,412	0,394	0,428	0,010	0,09	0,24	0,02	
C17:1 <i>cis</i> -9	0,185	0,156	0,146	0,010	0,141	0,141	0,166	0,008	0,41	0,03	0,03	
<i>iso</i> -C18:0	0,124	0,114	0,113	0,006	0,131	0,122	0,110	0,005	0,89	0,01	0,12	

Tableau 4 : Profil en acides gras du lait des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement durant la période 2 (C, curatif) (Suite).

Paramètre, g/100g de gras	Prétraitement	Traitement								Valeur de P		
		Période 1 (P1)			Période 2 (P2)				P1 T vs P	P2		
		Témoin (T)	Préventif (P)	Erreur -type	Témoin (T)	Préventif (P)	Curatif (C)	Erreur -type		T vs C	P vs C	
C18:0	7,45	7,62	7,31	0,24	7,85	7,41	7,86	0,27	0,27	0,98	0,12	
C18:1 <i>trans</i> -4	0,016	0,017	0,016	0,002	0,018	0,017	0,015	0,001	0,39	0,13	0,44	
C18:1 <i>trans</i> -5	0,017	0,017	0,016	0,001	0,017	0,016	0,016	0,001	0,40	0,58	0,97	
C18:1 <i>trans</i> -6, <i>trans</i> -7 et <i>trans</i> -8	0,213	0,273	0,287	0,020	0,251	0,266	0,285	0,018	0,56	0,20	0,47	
C18:1 <i>trans</i> -9	0,437	0,591	0,616	0,052	0,524	0,565	0,649	0,047	0,63	0,07	0,21	
C18:1 <i>trans</i> -10	0,283	0,349	0,365	0,022	0,327	0,356	0,381	0,023	0,55	0,11	0,44	
C18:1 <i>trans</i> -11	0,893	0,781	0,759	0,047	0,797	0,789	0,906	0,046	0,72	0,06	0,07	
C18:1 <i>trans</i> -12	0,310	0,356	0,366	0,018	0,348	0,375	0,392	0,023	0,67	0,16	0,58	
C18:1 <i>trans</i> -15	0,273	0,274	0,266	0,012	0,291	0,303	0,299	0,011	0,56	0,56	0,73	
C18:1 <i>trans</i> -16	0,276	0,266	0,267	0,013	0,294	0,292	0,282	0,019	0,95	0,67	0,72	
C18:1 <i>cis</i> -9 ³	16,00	16,10	15,40	0,53	17,00	16,20	17,20	0,37	0,19	0,67	0,08	
C18:1 <i>cis</i> -11	0,473	0,525	0,522	0,028	0,527	0,541	0,607	0,035	0,93	0,07	0,14	
C18:1 <i>cis</i> -12	0,276	0,274	0,288	0,020	0,269	0,312	0,321	0,024	0,55	0,09	0,76	
C18:1 <i>cis</i> -13	0,071	0,055	0,066	0,012	0,045	0,070	0,077	0,011	0,42	0,05	0,64	
C18:1 <i>cis</i> -15	0,140	0,113	0,111	0,006	0,114	0,114	0,119	0,009	0,77	0,69	0,69	
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	1,96	1,85	1,84	0,08	2,01	2,05	2,09	0,10	0,88	0,57	0,76	
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 ³	0,417	0,355	0,374	0,025	0,389	0,386	0,407	0,024	0,54	0,53	0,50	
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0,061	0,071	0,074	0,005	0,061	0,065	0,068	0,006	0,48	0,43	0,72	
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -13	0,232	0,256	0,249	0,013	0,273	0,261	0,257	0,015	0,70	0,44	0,84	
C18:2 <i>trans</i> -8, <i>cis</i> -13	0,096	0,090	0,091	0,007	0,113	0,113	0,097	0,007	0,91	0,08	0,08	
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	0,031	0,023	0,021	0,002	0,024	0,036	0,036	0,008	0,27	0,24	0,93	
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12	0,054	0,060	0,062	0,003	0,062	0,062	0,075	0,005	0,68	0,03	0,03	
C18:2 <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 ³	0,044	0,033	0,029	0,002	0,038	0,036	0,037	0,002	0,27	0,60	0,93	
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0,117	0,065	0,046	0,005	0,191	0,055	0,075	0,076	0,00	0,29	0,85	
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0,045	0,041	0,038	0,003	0,042	0,037	0,039	0,003	0,44	0,52	0,69	
C18:3 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	0,028	0,032	0,037	0,002	0,036	0,042	0,036	0,005	0,11	0,98	0,37	
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,431	0,384	0,352	0,013	0,407	0,370	0,404	0,017	0,06	0,92	0,17	
C18:4 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,018	0,019	0,018	0,002	0,018	0,016	0,017	0,001	0,65	0,56	0,51	
C20:0	0,160	0,165	0,160	0,004	0,168	0,155	0,167	0,006	0,28	0,87	0,13	

Tableau 4 : Profil en acides gras du lait des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement durant la période 2 (C, curatif) (Suite).

Paramètre, g/100g de gras	Prétraitement	Traitement							Valeur de P		
		Période 1 (P1)			Période 2 (P2)				P1 T vs P	P2	
		Témoin (T)	Préventif (P)	Erreur -type	Témoin (T)	Préventif (P)	Curatif (C)	Erreur -type		T vs C	P vs C
C20:1 <i>cis</i> -11	0,019	0,020	0,018	0,002	0,021	0,019	0,018	0,002	0,44	0,16	0,56
C20:2 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,019	0,021	0,017	0,002	0,022	0,020	0,019	0,002	0,18	0,28	0,58
C20:3 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,012	0,013	0,012	0,001	0,011	0,011	0,012	0,001	0,75	0,17	0,27
C20:3 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,019	0,020	0,021	0,002	0,022	0,019	0,020	0,001	0,66	0,17	0,34
C20:4 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,027	0,021	0,021	0,002	0,023	0,021	0,023	0,002	0,94	0,97	0,44
C20:4 <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,155	0,139	0,147	0,007	0,162	0,142	0,159	0,011	0,33	0,84	0,27
C20:5 <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,043	0,038	0,037	0,002	0,039	0,033	0,041	0,003	0,78	0,62	0,07
C22:0	0,052	0,046	0,044	0,002	0,048	0,045	0,048	0,002	0,42	0,91	0,18
C22:1 <i>cis</i> -13	0,012	0,012	0,012	0,001	0,010	0,010	0,012	0,001	0,80	0,19	0,09
C22:2 <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16	0,020	0,019	0,018	0,002	0,018	0,021	0,018	0,001	0,65	0,94	0,13
C22:3 <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,017	0,016	0,016	0,003	0,017	0,019	0,022	0,003	0,92	0,20	0,44
C22:4 <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16	0,023	0,021	0,022	0,002	0,025	0,022	0,024	0,002	0,54	0,63	0,37
C22:5 <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,090	0,059	0,056	0,004	0,085	0,066	0,075	0,005	0,51	0,21	0,25
C22:6 <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,033	0,025	0,021	0,002	0,027	0,023	0,022	0,003	0,20	0,11	0,69
C24:0	0,025	0,023	0,021	0,002	0,024	0,022	0,025	0,002	0,39	0,56	0,12
C24:1 <i>cis</i> -9	0,014	0,014	0,012	0,002	0,014	0,016	0,016	0,002	0,23	0,41	0,85
Glycérol	12,0	11,9	11,9	0,05	11,8	11,8	11,7	0,04	0,73	0,02	0,07
Somme											
Acides gras synthétisés <i>de novo</i> ⁴	29,4	29,1	29,6	0,78	26,4	27,4	26,0	0,71	0,55	0,71	0,20
Acides gras à 16 carbones	22,0	22,6	23,1	0,30	23,6	23,9	23,6	0,62	0,18	0,94	0,70
Acides gras préformés ⁵	34,3	34,4	33,2	0,82	35,8	34,7	36,6	0,68	0,25	0,37	0,05
Rapport C18:1 <i>trans</i> -11 / C18:1 <i>trans</i> -10	3,50	2,37	2,02	0,19	2,50	2,23	2,50	0,16	0,10	0,98	0,25

¹Coalution avec le C16:1 *trans*-10

²Coalution avec le C16:1 *cis*-10

³Acide linoléique conjugué (ALC)

⁴Somme des acides gras à chaîne courte (C6 à C14)

⁵Somme des acides gras à chaîne ramifiée (*iso*-C13:0, *anteiso*-C13:0, *iso*-C14:0, *iso*-C15:0, *anteiso*-C15:0, *iso*-C16:0, *iso*-C17:0 et *anteiso*-C17:0), des acides gras à chaîne impaire (C13:0 et C15:0) et de tous les autres acides gras contenant une chaîne de 17 carbones et plus.

3.3 PARAMÈTRES RUMINAUX

Un des rôles importants du K_2CO_3 dans l'alimentation des ruminants est sa capacité à tamponner le milieu ruminal quand il y a de fortes libérations d'acides (H^+) lors de la fermentation des concentrés par les bactéries. Le pH ruminal est passé de 6,39 en prétraitement à 6,27 en P1 et 6,28 en P2 pour les chèvres du traitement témoin. L'ajout du K_2CO_3 dans les RTM des chèvres n'a pas donné les effets attendus puisqu'il n'y a pas eu de différence de pH entre les traitements pour la P1 et la P2 (tableau 5). L' $N-NH_3$ est passé de 15,3 mg/100 ml en prétraitement à 11,5 mg/100 ml en P1 et 9,8 mg/100 ml en P2 dans le rumen des chèvres recevant le traitement témoin. L'augmentation de 45 à 55 % de la teneur en concentrés a augmenté l'énergie disponible pour les bactéries du rumen ce qui a permis à ces dernières d'utiliser plus efficacement l' $N-NH_3$ ce qui peut expliquer la baisse observée. Aucun effet significatif du K_2CO_3 n'a été obtenu entre les traitements pour les contrastes testés en P1 et P2.

Peu d'impact des rations sur le profil en AGV du contenu ruminal n'a été observé entre la période prétraitement (ration non-acidogène) et la P1 ou la P2 (ration acidogène). Toutefois, des effets mineurs du K_2CO_3 ont été observés entre les traitements pour les deux périodes expérimentales. En P1, le traitement préventif a permis d'obtenir une proportion plus élevée de propionate ($P < 0,02$) qui s'est alors transcrit dans un plus faible rapport acétate : propionate ($P < 0,02$). Toujours par rapport au témoin, en P2, le traitement curatif a entraîné une proportion d'acétate plus élevée ($P < 0,01$) ainsi qu'une proportion de butyrate et de valérate plus faible ($P < 0,01$). De plus, le traitement curatif a permis d'obtenir une proportion plus faible de butyrate ($P < 0,03$) comparativement au traitement préventif. Ces effets sur le profil en AGV ne représentent toutefois pas des changements majeurs du processus de fermentation ruminale.

Tableau 5 : pH, azote ammoniacal et acides gras volatils du contenu ruminal des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ durant deux périodes expérimentales (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement durant la période 2 (C, curatif).

Paramètre	Prétraitement	Traitement								Valeur de P		
		Période 1 (P1)			Période 2 (P2)				P1	P2		
		Témoin (T)	Préventif (P)	Erreur -type	Témoin (T)	Préventif (P)	Curatif (C)	Erreur -type	T vs P	T vs C	P vs C	
pH	6,39	6,27	6,31	0,04	6,28	6,25	6,31	0,07	0,46	0,67	0,28	
Azote ammoniacal (N-NH ₃), mg/100mL	15,26	11,50	10,63	0,86	9,81	8,63	9,33	0,86	0,41	0,64	0,48	
<i>Acides gras volatils, mol/100 mol d'AGV</i>												
Acétate	69,80	69,40	68,40	0,72	68,20	69,20	70,30	0,59	0,11	0,01	0,16	
Propionate	16,80	17,40	19,00	0,78	17,70	17,50	17,40	0,68	0,02	0,64	0,83	
Isobutyrate	0,80	0,66	0,66	0,03	0,78	0,72	0,72	0,03	0,98	0,10	0,99	
Butyrate	10,53	10,72	10,47	0,48	11,28	10,75	9,78	0,35	0,69	0,001	0,03	
Isovalérate	0,89	0,77	0,72	0,05	0,81	0,76	0,75	0,04	0,46	0,28	0,92	
Valérate	0,78	0,67	0,64	0,03	0,76	0,72	0,68	0,02	0,35	0,01	0,12	
Caproate	0,39	0,31	0,26	0,02	0,40	0,38	0,38	0,02	0,10	0,50	0,98	
Acétate:Propionate	4,22	4,12	3,69	0,19	3,94	4,00	4,17	0,19	0,02	0,30	0,45	

3.4 PARAMÈTRES SANGUINS

Pour les mêmes raisons que le K_2CO_3 peut tamponner le milieu ruminal, il peut également aider à maintenir le pH du sang lors d'une acidification. Pour le traitement témoin, le pH sanguin en prétraitement est passé de 7,43 à 7,44 en P1 et à 7,41 en P2 (tableau 6). Aucun effet du K_2CO_3 dans le sang n'a été observé entre les traitements durant les P1 et P2. La concentration de potassium en prétraitement est passée de 3,76 mmol/L à 3,75 mmol/L en P1 et curieusement jusqu'à 3,92 en P2 pour le groupe témoin. Entre les traitements, il n'y a pas eu de différence significative pour la concentration en potassium. Pour les autres électrolytes du sang (Na^+ , Cl^- et Ca^{2+}), la concentration en HCO_3^- , le trou anionique ($K^+ + Na^+ - Cl^- - HCO_3^-$) et la pression partielle de CO_2 , il n'y pas eu de changement majeur entre la période prétraitement et P1 ou P2 et aucun effet du K_2CO_3 n'a été observé en P1.

En P2, les chèvres du traitement curatif ont obtenu un pourcentage d'hématocrite plus élevé (25,7 %) que le témoin (24,5 %) ($P < 0,03$) et une tendance à la hausse a aussi été observée comparativement au traitement préventif (24,7 %) ($P < 0,07$). L'hématocrite représente le volume de globules rouges par rapport au volume total de sang. Selon Cebra et Cebra (2012), l'hématocrite des chèvres adultes se situe entre 22 et 36 %. Comme cette plage est relativement large, il est difficile de tirer des conclusions quant aux variations d'hématocrite des chèvres de la présente expérience. Ainsi, malgré une différence retrouvée entre les traitements, il n'y aucun changement biologique majeur chez les chèvres qui indiquerait un déséquilibre potentiel des paramètres sanguins. De plus, les chèvres du traitement curatif ont obtenu une pression partielle de CO_2 plus faible (41,8 mm Hg) que le traitement témoin (45,0 mm Hg) ce qui suggère une légère diminution du risque d'acidose respiratoire chez les chèvres recevant le K_2CO_3 de façon curative. Toutefois, il est important de noter que les valeurs observées restent dans les normes physiologiques (35 -45 mm Hg).

Tableau 6 : Paramètres sanguins chez les chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ pour les deux périodes (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement dans la période 2 (C, curatif)

Paramètre	Prétraitement	Traitement							Valeur de P		
		Période 1 (P1)			Période 2 (P2)				P1	P2	
		Témoin (T)	Préventif (P)	Erreur -type	Témoin (T)	Préventif (P)	Curatif (C)	Erreur -type	T vs P	T vs C	P vs C
pH	7,43	7,44	7,43	0,01	7,41	7,40	7,42	0,01	0,66	0,47	0,20
Électrolytes, mmol/L											
Na ⁺	145	146	145	0,52	145	145	144	0,40	0,11	0,41	0,31
K ⁺	3,76	3,75	3,95	0,13	3,92	3,94	3,86	0,11	0,18	0,66	0,56
Cl ⁻	111	113	113	0,73	112	113	113	0,60	0,97	0,17	0,96
Ca ²⁺	1,15	1,16	1,13	0,02	1,14	1,18	1,18	0,03	0,27	0,26	0,95
Trou anionique, mmol/L ¹	8,90	8,34	8,58	0,60	8,86	9,55	8,32	0,49	0,73	0,47	0,08
HCO ₃ ⁻ , mmol/L ²	28,50	28,10	27,20	0,96	27,60	26,20	26,90	0,73	0,36	0,35	0,35
Hématocrite, %	25,10	25,20	24,80	0,64	24,50	24,70	25,70	0,38	0,57	0,03	0,07
Gaz sanguin, mm Hg											
pCO ₂ ³	44,10	41,80	41,20	1,08	45,00	42,90	41,80	1,08	0,52	0,05	0,46
pO ₂ ⁴	39,90	38,20	38,40	1,41	34,40	33,80	32,90	1,30	0,89	0,45	0,61

¹Trou anionique = [Na⁺ + K⁺] - [Cl⁻ + HCO₃⁻].

²HCO₃⁻ = bicarbonate.

³pCO₂ = la pression partielle de CO₂.

⁴pO₂ = la pression partielle de O₂.

3.5 RÉSULTATS TECHNICO-ÉCONOMIQUES

Considérant le prix de chaque ingrédient, la RTM témoin a été servie au coût de 0,33 \$/kg (tableau 7). L'ajout du K_2CO_3 a élevé le coût de la RTM de 0,05 \$/kg par rapport à la RTM témoin. Selon la consommation des chèvres recevant la RTM témoin et le revenu de la vente du lait, la marge brute pour les témoins est passée de 3,67 \$/tête/jour en P1 à 3,48 \$/tête/jour en P2. On constate qu'offrir la ration acidogène pendant 56 jours n'a pas été bénéfique pour les chèvres témoins, car il y a eu une perte de 0,19 \$/tête/j entre les deux périodes. Quant aux chèvres recevant la RTM contenant un supplément de K_2CO_3 en P1, leur marge brute a été inférieure à celle du témoin, soit de 3,47 \$/tête/jour, chiffrant une différence de 0,20 \$/tête/jour. Malgré l'amélioration de l'efficacité alimentaire observée en P1 pour ces chèvres, les changements des composants du lait et le prix supérieur de la ration n'ont pas permis d'obtenir une marge plus élevée que le groupe témoin.

À la suite de la baisse des performances des chèvres en P2, la marge brute du traitement préventif a été de 2,99 \$/tête/jour alors que celle du traitement curatif a été de 2,98 \$/tête/jour ; une différence par rapport au témoin pour les deux traitements de 0,49 et 0,50 \$/tête/jour, respectivement. Donc, les différences de marge par rapport au témoin ont plus que doublé en P2 par rapport à P1. Selon le contexte de la présente étude, l'ajout de K_2CO_3 à la ration acidogène, de façon préventive (pendant 28 ou 56 jours) ou curative, n'a pas été un moyen rentable pour améliorer la situation financière des producteurs.

Tableau 7 : Calcul des charges reliées à l'alimentation, du revenu de la vente de lait et de la marge brute pour des chèvres laitières recevant une ration acidogène sans K₂CO₃ pour les deux périodes (T, témoin), avec K₂CO₃ pour les deux périodes (P, préventif) et avec K₂CO₃ uniquement dans la période 2 (C, curatif)

Paramètre	Traitement				
	Période 1		Période 2		
	Témoin (T)	Préventif (P)	Témoin (T)	Préventif (P)	Curatif (C)
<i>Charges reliées à l'alimentation</i>					
Ration totale mélangée, \$/kg ¹	0,33	0,38	0,33	0,38	0,38
Ration totale mélangée, \$/j	0,97	0,98	0,92	0,98	0,90
<i>Produits²</i>					
Matière grasse, \$/chèvre/j	1,34	1,31	1,22	1,12	1,00
Protéine, \$/chèvre/j	2,74	2,60	2,65	2,37	2,43
Lactose et autres solides, \$/chèvre/j ³	<u>0,57</u>	<u>0,54</u>	<u>0,53</u>	<u>0,48</u>	<u>0,45</u>
Revenu de vente de lait, \$/chèvre/j ⁴	4,65	4,45	4,39	3,97	3,87
Marge brute, \$/chèvre/j ⁵	3,67	3,47	3,48	2,99	2,98
Différence par rapport au témoin, \$/chèvre/j		-0,20		-0,49	-0,50

¹Considère le coût des intrants qui composent les rations totales mélangées sur une base tel que servie (ensilages de luzerne et de mil 0,094\$/kg; maïs concassé 0,21\$/kg; fin gluten 0,85\$/kg; minéral et vitamines 0,96\$/kg et K₂CO₃ 2,96\$/kg).

²Prix des composants selon la convention de mise en marché du lait de chèvre 2015 (8,8565 \$/kg de matières grasses, 19,1292 \$/kg de protéines et 2,51518 \$/kg de lactose et autres solides).

³Lactose et autres solides = production laitière x (taux de lactose + autres solides (0,9759))

⁴Somme des revenus de vente de lait.

⁵Marge brute = revenu de vente de lait - charges reliées à l'alimentation.

CONCLUSION

Selon le contexte dans lequel l'essai a été mené avec le troupeau caprin permanent de race Alpine du CRSAD, l'apport d'une ration riche en concentrés en début de lactation (rapport fourrage : concentrés de 45 : 55) a eu des répercussions à long terme sur les performances des chèvres et a provoqué une inversion des composants du lait au terme des 56 jours de traitement. Une dérive du processus de biohydrogénation vers la production d'isomères *trans*-10 a été observée pendant la même période de traitement. Les conséquences de l'acidose subclinique et/ou d'une ration riche en concentrés sont préjudiciables en termes de performances animales. Selon les données analysées dans cette étude, l'ajout du K_2CO_3 n'a pas permis d'éviter le risque d'obtenir une inversion des composants du lait chez des chèvres en début de lactation recevant une ration riche en concentrés.

D'autre part, en termes de transfert de connaissances et/ou de points à retenir de cette expérience, le K_2CO_3 est un produit disponible sur le marché comme plusieurs autres suppléments minéraux ayant un pouvoir tampon ou un effet alcalinisant tels que le bicarbonate de soude, le carbonate de calcium, l'oxyde de magnésium, etc. À la lumière des résultats obtenus et des conclusions de l'analyse technico-économiques, les producteurs de chèvres laitières n'auraient pas d'avantages à utiliser le K_2CO_3 . De plus, pour les producteurs, cette étude a encore montré qu'une ration acidogène altère les performances laitières et par enchaînement réduit la qualité du lait ainsi que les revenus de l'entreprise.

En terminant, le bon déroulement du projet et l'expérience acquise de toute l'équipe de réalisation favoriseront d'autres partenariats entre les intervenants et permettront potentiellement la réalisation de futurs projets.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alfonso-Avila, A. R., É. Charbonneau, P. Y. Chouinard, G. F. Tremblay, et R. Gervais. 2017. Potassium carbonate as a cation source for early-lactation dairy cows fed high-concentrate diets. *J Dairy Sci* 100:1751-1765.
- AOAC International. 2000. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- AOAC International. 2005. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- Boivin, M., R. Gervais, et P. Y. Chouinard. 2013. Effect of grain and forage fractions of corn silage on milk production and composition in dairy cows. *Animal* 7:245-254.
- Brunelle, C. [cbrunelle@valacta.com]. 2016, septembre. Communication personnelle.
- Cebra, C et M. Cebra. 2012 «Diseases of the Hematologic, Immunologic, and Lymphatic Systems (Multisystem Diseases) ». Dans *Sheep & Goat Medicine*. [E-Book.]. Pugh, D.G et A.N. Baird. Editors. Riverport Land. Elsevier
- Chilliard, Y., A. Ferlay, J. Rouel, et G. Lamberet. 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J Dairy Sci* 86:1751-1770.
- Fauteux, M.-C., R. Gervais, D. E. Rico, Y. Lebeuf, et P. Y. Chouinard. 2016. Production, composition, and oxidative stability of milk highly enriched in polyunsaturated fatty acids from dairy cows fed alfalfa protein concentrate or supplemental vitamin E. *J Dairy Sci* 99:4411–4426.
- Hall, M. B. 2009. Determination of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: Comparison of methods and a method recommended for AOAC collaborative study. *AOAC Int.* 92:42–49.
- Harrison, J., R. White, R. Kincaid, E. Block, T. Jenkins, et N. St-Pierre. 2012. Effectiveness of potassium carbonate sesquihydrate to increase dietary cation-anion difference in early lactation cows. *J Dairy Sci* 95:3919-3925.
- Jenkins, T. C., W. C. Bridges, J. H. Harrison, et K. M. Young. 2014. Addition of potassium carbonate to continuous cultures of mixed ruminal bacteria shifts volatile fatty acids and daily production of biohydrogenation intermediates. *J Dairy Sci* 97:975-984.
- Madsen, T. G., M. O. Nielsen, J. B. Andersen, et K. L. Ingvarsen. 2008. Continuous lactation in dairy cows: effect on milk production and mammary nutrient supply and extraction. *J Dairy Sci* 91:1791-1801.
- Massicotte, F. [Francois.Massicotte@lacoop.coop]. 2015, octobre. Communication personnelle.
- Mavrogenis, A. P. et C. Papachristoforou. 1988. Estimation of the energy value of milk and prediction of fat-corrected milk yield in sheep and goats. *Small Rumin Res* 1:229-236.
- Morand-Fehr, P., V. Fedele, M. Decandia, et Y. Le Frileux. 2007. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rumin Res* 68:20-34.

Neathery, M. W., D. G. Pugh, W. J. Miller, R. P. Gentry, et R. H. Whitlock. 1980. Effects of sources and amounts of potassium on feed palatability and on potassium toxicity in dairy calves. *J Dairy Sci* 63:82-85.

Shook, G. E. 1982. Approaches to summarizing somatic cell count which improve interpretability. Pages 150-166 in *Proc. 21st Annu. Mtg. Natl. Mastitis Council*, Arlington, VA.

Weatherburn, M. 1967. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Anal. Chem* 39:971-974.