



Essai nutritionnel sur des vaches laitières

« Dans quelle mesure est-il possible d'augmenter la quantité de compléments énergétiques par l'ajout de Bicar®Z (bicarbonate de sodium) sans effet néfaste sur la valeur de pH intraruminal des vaches laitières ? »

Chambre de l'agriculture, Futterkamp
Solvay Chemicals
Institut de la nutrition animale, université de Kiel

Groupe de travail :

Dr. Katrin Mahlkow-Nerge

Dr. Eckhard Boll

Sönke Huuck

Chambre de l'agriculture du Schleswig-Holstein, Centre d'enseignement et d'essai

Futterkamp, 24327 Blekendorf

Tél. ++49 4381/900949

e-mail kmahlkow@lksh.de

eboll@lksh.de

shuuck@lksh.de

Octobre 2013

Sommaire

	Page
1. Point de départ/Objectif de l'essai	4
2. Objet de l'essai	4
3. Résultats de l'essai	9
3.1. Analyses de l'alimentation	9
3.2. Rations alimentaires	11
3.3. Prise alimentaire et productions des animaux.....	14
3.3.1. <i>Phase d'essai 1.....</i>	<i>14</i>
3.3.1.1. <i>Prise alimentaire et prise d'eau</i>	<i>14</i>
3.3.1.2. <i>Production laitière</i>	<i>15</i>
3.3.2. <i>Phase d'essai 2.....</i>	<i>17</i>
3.3.2.1. <i>Prise alimentaire et prise d'eau</i>	<i>17</i>
3.3.2.2. <i>Production laitière</i>	<i>18</i>
3.3.3. <i>Phase d'essai 3.....</i>	<i>20</i>
3.3.3.1. <i>Prise alimentaire et prise d'eau</i>	<i>20</i>
3.3.3.2. <i>Production laitière</i>	<i>21</i>
3.3.4. <i>Phase d'essai 4.....</i>	<i>23</i>
3.3.4.1. <i>Prise alimentaire et prise d'eau</i>	<i>24</i>
3.3.4.2. <i>Production laitière</i>	<i>24</i>
3.3.5. <i>Phase d'essai 5.....</i>	<i>27</i>
3.3.5.1. <i>Prise alimentaire et prise d'eau</i>	<i>27</i>
3.3.5.2. <i>Production laitière</i>	<i>28</i>
3.3.6. <i>Phase d'essai 6.....</i>	<i>30</i>
3.3.6.1. <i>Prise alimentaire et prise d'eau</i>	<i>30</i>
3.3.6.2. <i>Production laitière</i>	<i>31</i>
3.4. Consommation alimentaire et production au cours de l'essai	34
3.4.1. <i>Consommation alimentaire et consommation d'eau au cours de l'essai</i>	<i>34</i>
3.4.2. <i>Production de lait lors de l'essai.....</i>	<i>36</i>
3.4.3. <i>Teneur en gras et en protéines du lait au cours de l'essai.....</i>	<i>37</i>
3.4.4. <i>Quantité de LCE au cours de l'essai</i>	<i>39</i>
3.5. Évolution du poids et de la condition physique des animaux au cours de l'essai.....	40
3.6. Valeur de pH intraruminal des animaux lors de l'essai	42
3.7. Paramètres métaboliques.....	48
3.8. Efficacité de l'alimentation	52
3.9. Maladies/traitements/incidents divers.....	53
3.9.1. <i>Examen des sabots.....</i>	<i>53</i>
3.9.2. <i>Autres maladies et/ou traitements.....</i>	<i>54</i>

4.	Résumé.....	55
5.	Bibliographie.....	57
6.	Annexe.....	58

1. Point de départ/Objectif de l'essai

Les bovins ont besoin de rations alimentaires assez riches en fibres leur permettant de ruminer et ainsi de produire suffisamment de salive. La salive contient des substances tampons, notamment du bicarbonate de sodium. Celles-ci régulent l'acidité à l'intérieur du rumen et sont indispensables à un rumen sain.

Dans l'alimentation des vaches laitières à haut rendement, la difficulté est d'une part d'assurer un apport nutritionnel et énergétique maximal pour alimenter les vaches le plus possible, d'autre part de leur apporter les fibres nécessaires pour prévenir l'acidose de la panse.

L'utilisation de Bicar®Z, un bicarbonate de sodium pur, tel qu'il est présent dans la salive des vaches, peut compenser dans une certaine mesure un manque de fibres. Cela permettrait d'augmenter l'apport énergétique par la ration et ainsi d'améliorer la situation énergétique des vaches, sans craindre de voir se dégrader l'acidité du rumen et donc les fonctions physiologiques de la panse de l'animal.

Lors d'un essai nutritionnel, il faut donc se demander dans quelle mesure peuvent être augmentées les quantités de compléments énergétiques ou la teneur en compléments énergétiques dans la ration alimentaire destinée aux vaches laitières à haut rendement par l'adjonction de Bicar®Z sans modifier négativement le pH intraruminal.

2. Objet de l'essai

Données collectées

Nous avons collecté les données de consommation journalière d'aliments et d'eau pour chaque animal ainsi que la quantité de lait produite et le poids des vaches faisant partie de l'essai.

Nous avons en outre déterminé chaque semaine la composition du lait (gras, protéine, lactose, urée, dénombrement cellulaire) et, toutes les deux semaines, évalué la condition physique (BCS) des animaux. Nous avons aussi évalué l'état des sabots des vaches de l'essai.

Le prélèvement d'échantillons pour l'étude des paramètres métaboliques dans les urines a eu lieu sur 2 jours de référence. Les échantillons ont été pris 2-3 heures après la dernière distribution de fourrage. Les analyses ont été effectuées au laboratoire METABOVET de Rostock selon les protocoles techniques reconnus.

La valeur de pH intraruminal de 24 vaches de l'essai a en outre été suivie en continu pendant 50 jours.

Les maladies, traitements et autres faits marquants des animaux d'essai ont été consignés en permanence.

Évaluation statistique

L'évaluation statistique a eu lieu à l'université de Kiel à l'aide du programme SASS. Lors des différentes phases d'essai, les critères de consommation d'aliments et d'eau, de quantité de lait et de poids de l'animal ont été évalués selon le modèle de répétabilité mixte linéaire suivant :

$$y = \mu + \text{JOUR} + \text{N}^\circ\text{L} + f(jl) (\text{N}^\circ\text{L}) + \text{GRP} + \text{Vache} + e$$

et pour les critères de composition du lait, de quantité de lait corrigé pour l'énergie, de condition physique, de pH intraruminal et de paramètres métaboliques ont été évalués selon le modèle de répétabilité mixte linéaire suivant :

$$y = \mu + \text{JOUR} + \text{N}^\circ\text{L} + \text{PhL} + \text{GRP} + \text{Vache} + e$$

- où :
- y = valeur d'observation du critère en question
 - μ = moyen général
 - JOUR = effet fixe du jour de l'observation
 - N^oL = effet fixe du numéro de lactation (1,2,≥ 3)
 - f(jl) = courbe de stade de lactation : $jl/320 + (jl/320)^2 + \ln(320/jl) + (\ln(320/jl))^2$
 - PhL = phase de lactation (20-80, 81-140, 141-200, 201-260, 261-320)
 - GRP = effet fixe du groupe d'essai (1,2)
 - Vache = effet aléatoire de la vache dans le groupe d'essai et la lactation (1,.....,72)
 - e = facteur d'erreur résiduelle aléatoire

Matériel et méthode

L'essai a commencé après avoir regroupé 72 animaux d'essai (tableau 1) le 13.05.2013 et s'est terminé le 20.08.2013.

Tableau 1 : Caractérisation des animaux de l'essai

Critère	Groupe d'essai 1		Groupe d'essai 2	
	Ø	Variation standard	Ø	Variation standard
Nombre d'animaux	36		36	
dont primipares	10		9	
Numéro de lactation	2,3	1,17	2,4	1,27
Jour de lactation au début de l'essai 13.05.2013	121	58,06	111	50,27
<i>Dernier contrôle du lait avant le début de l'essai</i>				
Lait, kg	39,1	7,39	39,5	7,08
Graisse, %	3,94	0,65	3,83	0,45
Protéine, %	3,19	0,25	3,15	0,27
LCE, kg	38,3	7,91	38,2	6,97
Dénombrement cellulaire, milliers/ml	145	573,12	101	253,34
<i>Prélactation</i>				
Lait, kg	10 332	1 818,98	10 320	1 467,09
Graisse, %	3,82	0,47	3,79	0,28
Protéine, %	3,22	0,17	3,23	0,16
LCE, kg	9 958	1 599,20	9 958	1 435,60
Valeur d'élevage père, total	118	5,32	115	7,86
Poids, kg (Ø des 7 premiers jours d'essai)	659	60,61	658	43,53

L'essai a duré 100 jours.

Rations et variantes d'alimentation

La base de l'essai nutritionnel a été une ration conventionnelle à base de maïs majoritaire apportée fraîche deux fois par jour en ration mixte totale (TMR).

La composition de la ration a été déterminée dans le groupe d'essai 1 en tenant compte d'une alimentation adaptée aux besoins en énergie et en nutriments et s'orientant sur les recommandations générales de la Société de physiologie alimentaire (GfE, 2001). Cette ration, avec un rapport fourrage grossier/concentrés de 60:40 %, n'a pas été modifiée pendant toute la durée de l'essai.

À l'inverse, la ration du groupe d'essai 2 était plus riche en nutriments énergétiques et moins riche en fibres et contenait du Bicar®Z pour compenser. Pendant la période de l'essai, la ration de ce groupe 2 a été changée à six reprises (tableau 2).

Tableau 2 : Rations alimentaires **calculées/planifiées** des groupes d'essai (avec analyses NIRS des ensilages d'herbe et de maïs avant le début de l'essai et les teneurs déclarées en nutriments des mélanges de compléments énergétiques)

Aliment ou identification	Unité	Ration	Ration 1	Ration 2	Ration 3
		Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2		
Période d'alimentation		13.05. - 20.08.	13.05. - 03.06.	04.06. - 22.07.	23.07. - 20.08.
Ensilage de maïs 2012	kg MS	7,10	6,39	5,88	6,39
Ensilage d'herbe 2è.C.2012, Silo 6 ou 1è.C.2013, Silo 2	kg MS	5,20	4,68	4,31	4,68
Paille de blé	kg MS	0,34	0,31	0,29	0,31
VMR 1 HaGe ¹⁾	kg MF	3,5	3,2	2,9	3,2
HaGe Synchro 18 ²⁾	kg MF	5,8	7,4	8,7	7,4
Minéraux pour bœufs	kg MF	0,05	0,05	0,05	0,05
Chaux fourragère	kg MF	0,09	0,09	0,09	0,09
Bicarbonate de sodium	kg MF		0,200 ³⁾	0,219 ⁴⁾ 0,250 ⁵⁾ 0,300 ⁶⁾	0,250 ⁷⁾ 0,150 ⁸⁾
<i>Identification</i>					
Prise alimentaire totale	kg MS	20,9	21,0	21,0	21,0
Rapport fourrage grossier/concentrés	%	60:40	54:46	50:50	54:46
Énergie	MJ NEL/ kg MS	7,1	7,1	7,2	7,1
XP	% de MS	17,1	17,3	17,5	17,3
nXP	g/kg MS	167	169	172	169
RNB	g	12	12	10	12
XF	% de MS	15,6	14,7	14,2	14,7
XK structuré	% de MS	10,5	9,4	8,7	9,4
Fibres		1,32	1,20	1,11	1,20
ADF	% de MS	19,3	18,6	18,2	18,6
NDF	% de MS	34,1	33,1	32,6	33,1
NFC	% de MS	39,1	39,4	39,7	39,4
Sucre+Amidon	% de MS	26,4	27,4	28,2	27,4
Ca	g/kg MS	6,8	7,1	7,4	7,1
Mg	g/kg MS	2,3	2,4	2,5	2,4

Aliment ou identification	Unité	Ration	Ration 1	Ration 2	Ration 3
		Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2		
Na	g/kg MS	1,9	3,8	3,9	3,8
DCAB	méq/kg MS	134	178	156	178

¹⁾ VMR 1 HaGe : 33 % tourteaux de soja HP, 33 % tourteaux de colza, 32 % blé, 2 % mélasse ; 30 % XP, 7,3 MJ NEL, 210 g nXP, 15,3 g RNB, 220 g amidon, 70 g sucre, 1,5 % XL, 6,5 % XF

²⁾ HaGe Synchro 18 : 19,9 % WeiPass, 15 % blé, 13 % pulpe sèche, 8 % SoyPass, 7 % RaPass, 7 % tourteau d'extraction de colza, 6 % aliment de gluten de blé, 5 % huile de maïs, colza et palme, mélasse, 2 % drêches de céréales ; 18 % XP, 7,0 MJ NEL, 185 g nXP, -0,8 g RNB, 252 g amidon, 91 g Zucker, 2,9 % XL, 6,8 % XF

³⁾ Les 200 g de bicarbonate de sodium dans la ration 1 du groupe d'essai 2 ont été déterminés le 25.04.2013 par M. Kolkmann. Cela correspond à 1,89 % de la quantité de concentrés (de 3,2 kg VMR1+7,4 kg Synchro). Cette teneur en bicarbonate de calcium (1,89 % des concentrés) devait à l'origine rester constante pour les rations 2 et 3

⁴⁾ 200 g de bicarbonate de sodium dans la ration 1 du groupe d'essai 2 correspondent à 219 g de bicarbonate de sodium dans la ration 2 du groupe d'essai 2, distribuée sur la période 04.06.-13.06.2013

⁵⁾ 250 g de bicarbonate de sodium dans la ration 2 du groupe d'essai 2, distribuée sur la période 14.06.-08.07.2013

⁶⁾ 300 g de bicarbonate de sodium dans la ration 2 du groupe d'essai 2, distribuée sur la période 09.07.-22.07.2013

⁷⁾ La ration 3 du groupe d'essai 2 correspondait de nouveau à la ration 1, mais avec 250 g de bicarbonate de sodium, distribuée sur la période 23.07.-06.08.2013

⁸⁾ 150 g de bicarbonate de sodium dans la ration 3, distribuée sur la période 07.-20.08.2013

Pour nos analyses statistiques, nous avons utilisé les phases d'essai suivantes (tableau 3).

Tableau 3 : Phases d'essai

13.05.13								20.08.13
Groupe d'essai 1	Fourrage grossier/concentrés 60:40							

Phase	1	2	3	4	5	6	
	13.05.13	04.06.13	14.06.13	09.07.13	13.07.13	07.08.13	20.08.13
Groupe d'essai 2	Fourrage grossier/concentrés 54:46 + 200 g BiNa	Fourrage grossier/concentrés 50:50 + 219 g BiNa	Fourrage grossier/concentrés 50:50 + 250 g BiNa	Fourrage grossier/concentrés 50:50 + 300 g BiNa	Fourrage grossier/concentrés 54:46 + 250 g BiNa	Fourrage grossier/concentrés 54:46 + 150 g BiNa	

Les ensilages d'herbe et de maïs, le prémélange enrichi en protéines (dont un tiers de tourteau d'extraction de soja HP, un tiers de tourteau d'extraction de colza et un tiers de blé) et l'aliment pour vaches laitières HaGe Synchro 18 (avec 18 % XP et 7 MJ NEL) ont été constamment identiques pour les deux groupes de vaches laitières.

Quantité apportée de bicarbonate de sodium

Les quantités de bicarbonate de sodium effectivement ajoutées à chaque repas dans le groupe d'essai 2 et donc apportées aux animaux correspondent à presque 100 % des quantités prévues (voir le tableau A1 en annexe).

3. Résultats de l'essai

3.1. Analyses de l'alimentation

Les ensilages de maïs et d'herbe ainsi que le mélange concentré Synchro 18 ont été échantillonnés chaque semaine et mélangés en échantillons de test afin de pouvoir faire analyser leurs valeurs nutritives selon les méthodes reconnues de la LUFA/ITL Kiel, un laboratoire d'analyse accrédité (tableaux 4 à 6).

Tableau 4 : Valeurs nutritives analysées et valeurs énergétiques calculées de l'ensilage de maïs fourni aux animaux comparées aux analyses précédant le début de l'essai

Identification	Unité	Ensilage de maïs 2012	Ensilage de maïs 2012, Silo 6, jusqu'au 24.06.2013	Ensilage de maïs 2012, Silo 5, à partir du 25.06.2013
Échantillonnage		avant le début de l'essai	Échantillon mélangé pendant l'essai	
Méthode d'analyse		NIRS	Chimie humide	
MS	% de MF	32,2	32,6	30,6
XA	g/kg MS	43	47	44
XP	g/kg MS	76	83	81
nXP	g/kg MS	133	137	140
RNB	g/kg MS	-9,1	-8,7	-9,7
XF	g/kg MS	186	165	178
ADF	g/kg MS	202	225	238
NDF	g/kg MS	377	388	400
XL	g/kg MS	27	29	34
Amidon	g/kg MS	295	391	385
NFC	g/kg MS	477	453	443
Énergie, ME	MJ/kg MS	11,1	11,37	11,64
Énergie, NEL	MJ/kg MS	6,7	6,96	7,15
Fibres, valeur structurelle		1,9	1,4	1,5

L'ensilage de maïs apporté pendant l'essai s'est révélé un peu moins riche en fibres lors de l'analyse par chimie humide, mais sensiblement plus riche en amidon et donc plus énergétique que ne l'avait laissé prévoir l'analyse NIRS réalisée avant le début de l'essai. Les ensilages de maïs stockés dans différents silos et fournis aux animaux étaient de qualités très proches.

Il n'en a pas été de même avec les deux ensilages d'herbe utilisés (tableau 5).

L'ensilage d'herbe apporté jusqu'au 02.07.2013 (2ème coupe 2012) s'est avéré plus riche en fibres que celui de la 1ère coupe 2013 distribué à partir du 03.07.2013 par rapport aux analyses réalisées avant modification de l'affouragement. En outre, l'ensilage d'herbe de 1ère coupe 2013 était plus riche en fibres, avec des teneurs élevées en ADF et NDF et une faible teneur en sucres et était donc moins énergétique que l'ensilage de seconde coupe de l'année suivante.

Tableau 5 : Valeurs nutritives analysées et valeurs énergétiques calculées de l'ensilage d'herbe fourni aux animaux comparées aux analyses avant le début de l'essai ou avant modification de l'affouragement

Identification	Unité	Ensilage d'herbe 2ème coupe 2012	Ensilage d'herbe 1ère coupe 2013	Ensilage d'herbe 2ème coupe 2012	Ensilage d'herbe 1ère coupe 2013
Échantillonnage		avant le début de l'essai ou la modification de l'affouragement		Échantillon mélangé pendant l'essai	
Méthode d'analyse		NIRS		Chimie humide	
MS	% de MF	43,7	32,3	43,0	32,7
XA	g/kg MS	101	96	94	100
XP	g/kg MS	179	157	178	165
nXP	g/kg MS	147	134	148	134
RNB	g/kg MS	5,2	3,6	4,8	4,9
XF	g/kg MS	225	259	239	299
ADF	g/kg MS	268	305	337	375
NDF	g/kg MS	443	523	528	585
XL	g/kg MS	34	30	31	36
Sucre	g/kg MS	83	7	55	6
NFC	g/kg MS	243	194	169	114
Énergie, ME	MJ/kg MS	10,9	10,1	11,04	9,99
Énergie, NEL	MJ/kg MS	6,6	6,0	6,68	5,93
Fibres, valeur structurelle		2,61	3,04	2,79	3,54

L'analyse par chimie humide du complément alimentaire a donné des teneurs en XP, XF et surtout en NDF légèrement élevées (tableau 6).

Tableau 6 : Valeurs nutritives analysées et valeurs énergétiques calculées du complément mélangé Synchro 18 distribué aux animaux

Identification	Unité	Valeur nutritive déclarée	Valeur nutritive analysée (chimie humide)
Énergie	MJ NEL/kg MF	7,0	7,3
Énergie	MJ ME/kg MF	11,4	11,6
Formation de gaz	ml/200 mg MF		55,9
XP	g/kg MF	180	193
UDP	% de XP	41,0	41,0
nXP	g/kg MF	185	187
RNB	g/kg MF	-0,8	0,9
XF	g/kg MF	68	79
ADF	g/kg MF	120	124
NDF	g/kg MF	230	275
Amidon	g/kg MF	260	270
Sucre	g/kg MF	91	75
Graisse	g/kg MF	29	36

Comme il a été déterminé également une teneur légèrement plus élevée en amidon et une valeur plus élevée de formation de gaz, la valeur énergétique analysée était de 0,3 MJ NEL/kg plus élevée que celle originellement déclarée.

3.2. Rations alimentaires

Enfin des paramètres, en particulier les teneurs en ADF, NDF et fibres structurées, des rations apportées lors de l'essai ont légèrement varié de ceux prévus à l'origine (tableau 7).

Tableau 7 : Paramètres des rations alimentaires **fournies** (TMR, sur la base des analyses par chimie humide des échantillons d'ensilages de maïs et d'herbe et de mélange concentré)

Identifications	Unité	Ration		Ration 1	Ration 2				Ration 3	
		Gr.E 1		Gr.E 2						
Phase d'essai		1-6		1	2-4				5-6	
Rapport FG/C ¹⁾	%	60:40		54:46	50:50				54:46	
Période d'alimentation		jusqu' au 02.07	à partir du 03.07	jusqu' au 03.06.	4. - 13.6.	14.6. - 2.7.	3. - 8.7.	9. - 22.7.	23.7. - 6.8.	7. - 20.8.
Bicarbonate de sodium	g/bête et jour			200	219	250	250	300	250	150
Énergie	MJ NEL/kg MS	7,3	7,1	7,3	7,4	7,4	7,2	7,2	7,2	7,2
XP	% de MS	17,6	17,2	17,8	18,0	18,0	17,7	17,7	17,5	17,6
nXP	g/kg MS	171	168	173	176	175	173	172	170	170
RNB	g	16	16	17	17	17	17	17	17	17
XF	% de MS	15,7	17,2	14,9	14,4	14,4	15,6	15,6	16,2	16,3
XK structuré	% de MS	11,0	12,5	9,9	9,1	9,1	10,3	10,3	11,2	11,2
Fibres		1,32	1,51	1,19	1,11	1,10	1,26	1,26	1,36	1,36
Indice de structure ²⁾		1,1	1,2	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
ADF	% de MS	22,1	23,0	21,1	20,5	20,5	21,3	21,2	21,9	22,0
NDF	% de MS	38,0	39,4	36,9	36,4	36,4	37,5	37,4	38,1	38,3
NFC	% de MS	34,8	33,4	34,9	35,1	35,1	33,9	33,9	33,7	33,7
Sucre+Amidon	% de MS	28,8	27,6	29,5	30,1	30,1	29,1	29,0	28,3	28,4
Na	g/kg MS	1,9	1,3	4,5	4,8	5,1	4,7	5,3	4,5	3,3
K	g/kg MS	15,8	18,4	15,3	14,9	14,8	17,0	17,0	17,5	17,6
Cl	g/kg MS	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
S	g/kg MS	3,3	3,3	3,6	3,8	3,8	3,8	3,8	3,6	3,6
DCAB ³⁾	méq/kg MS	136	178	204	191	205	240	264	265	218

¹⁾ Rapport fourrage grossier/concentrés

²⁾ Indice de structure : NDF_{FG} : sucre+amidon dégradables dans le rumen ; d'après RUTZMOSE (2011)

³⁾ Le calcul a pris en compte les teneurs en Na et K et les valeurs indicatives pour les teneurs en Cl et S

Cela s'explique par la transition complète réalisée le 03.07.2013 vers l'ensilage d'herbe de 1ère coupe 2013 beaucoup plus riche en fibres que l'ensilage d'herbe de 2ème coupe 2012 distribuée auparavant.

Ces différences peuvent toutefois aussi s'expliquer par les différentes méthodes d'analyse (analyse NIRS de l'alimentation avant le début de l'essai, analyse par chimie humide de tous les aliments pendant l'essai nutritionnel).

Dans l'ensemble, les échantillons TMR analysés ont constamment démontré une teneur K élevée, mais surtout les échantillons TMR du groupe d'essai 2 ont présenté une teneur en sodium beaucoup plus élevée. De sorte que la DCAB s'est révélée beaucoup plus importante que les calculs initiaux (tableau 8).

Tableau 8 : Paramètres des TMR analysées (sur la base des analyses par chimie humide des TMR prélevées durant la période d'essai)

Identifications	%	TMR Gr.E 1		TMR Gr.E 2	
		jusqu'au 02.07.	à partir du 03.07.	jusqu'au 02.07.	à partir du 03.07.
Période d'alimentation					
MS	%	44,0	40,8	47,4	45,5
XP	% de MS	15,8	17,8	15,9	16,8
XF	% de MS	18,7	19,7	14,8	18,3
ADF	% de MS	26,2	26,3	20,3	27,5
NDF	% de MS	42,3	40,9	36,1	40,2
Sucre	% de MS	4,2	3,1	4,0	4,8
Amidon	% de MS	19,0	21,1	20,7	19,3
XL	% de MS	3,3	3,4	3,0	3,3
Na	g/kg MS	2,4	1,8	4,9	6,5
K	g/kg MS	17,4	19,7	13,9	17,7
Cl	g/kg MS	4,0	5,9	3,1	3,3
S	g/kg MS	3,1	3,0	2,6	3,0
DCAB	méq/kg MS	244	229	319	456

3.3. Prise alimentaire et productions des animaux

Ci-dessous figurent tous les résultats d'abord présentés et interprétés pour chacune des phases d'essai puis de nouveau traités conjointement dans le déroulement de l'essai.

3.3.1. Phase d'essai 1

Les animaux du groupe d'essai 1 ont reçu une ration non modifiée pendant toute la période de l'essai, avec un rapport fourrage grossier/concentrés de 60:40 %. La ration alimentaire du groupe d'essai 2 a au contraire changé plusieurs fois. Elle présentait un rapport fourrage grossier/concentrés de 54:46 % et contenait 200 g de bicarbonate de sodium par animal et par jour dans la première phase d'essai.

3.3.1.1. Prise alimentaire et prise d'eau

En raison de la quantité plus élevée de compléments alimentaires, la masse sèche de la ration du groupe 2 était 3,3 % supérieure à celle du groupe 1. Cette ration alimentaire plus riche en énergie des bêtes du groupe 2 a entraîné une consommation de masse sèche significativement plus élevée (tableau 9). Il en a par conséquent été de même pour la consommation d'eau. Les animaux des deux groupes ont absorbé 4,3 l d'eau par kilogramme de masse sèche.

Tableau 9 : Prise alimentaire et prise d'eau

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 200 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en masse sèche des rations alimentaires (%)</i>		
Valeur moyenne	44,4	47,7
<i>Prise alimentaire (kg MS/bête/jour)</i>		
Least square means (LSM)	21,4	22,4
Erreur standard	0,357	
Valeur P	0,0108	
<i>Eau absorbée (l/bête/jour)</i>		
LSM	92,2	96,2
Erreur standard	2,23	
Valeur P	0,0770	

3.3.1.2. Production laitière

Les quantités de lait produites par les sujets d'essai ont été consignées chaque jour. Nous avons également déterminé chaque semaine les composants du lait gras, protéines, lactose, dénombrement cellulaire et urée.

Le stade de lactation moyen a été dans cette phase d'essai 132 (groupe d'essai 1) et 123 jours de lactation (groupe d'essai 2). Bien que les vaches du groupe d'essai 2 aient produit 39,4 kg de lait dans cette phase d'essai, soit 1 kg de plus que leurs homologues, cette différence de production n'a pas été consolidée statistiquement (tableau 10).

Tableau 10 : Volume de lait (kg/bête et jour)

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 200 g de bicarbonate de sodium
Volume de lait (kg/bête/jour)		
LSM	38,4	39,4
Erreur standard	1,11	
Valeur P	0,3638	

La teneur en gras du lait a été dans l'ensemble à un niveau bas, principalement en raison du fort rendement. Elle a été en outre été plus faible de 0,17 % (absolu), sans signification statistique, chez les vaches du groupe 2 ayant reçu une alimentation plus énergétique (tableau 11). Ce faisant, pour ces vaches du groupe d'essai 2, le quotient gras-protéine a été un peu plus faible avec 1,13.

Tableau 11 : Composantes du lait

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 200 g de bicarbonate de sodium
Teneur en gras du lait (%)		
LSM	3,74	3,57
Erreur standard	0,118	
Valeur P	0,1599	
Teneur en protéine du lait (%)		
LSM	3,15	3,17
Erreur standard	0,049	
Valeur P	0,7088	

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 200 g de bicarbonate de sodium
Quotient gras-protéine		
LSM	1,19	1,13
Erreur standard	0,034	
Valeur P	0,0874	
Teneur en lactose du lait (%)		
LSM	4,84	4,83
Erreur standard	0,034	
Valeur P	0,9125	
Teneur en urée du lait (mg/kg)		
LSM	260	261
Erreur standard	8,95	
Valeur P	0,9524	
Dénombrement cellulaire (log.)		
LSM	1,17	1,54
Erreur standard	0,428	
Valeur P	0,3922	

Pour tous les autres composants du lait, les différences entre les deux groupes d'animaux n'ont pas été représentatives.

Derrière le dénombrement logarithmique de cellules de 1,17 pour les vaches du groupe 1 se cache un dénombrement cellulaire moyen de 91 000 par ml. Les bêtes du groupe 2 ont certes présenté avec un dénombrement logarithmique de 1,54 (soit 247 000 cellules/ml) un dénombrement cellulaire beaucoup plus élevé, mais il est exclusivement dû à 4 animaux dont le dénombrement a dépassé un million et n'ont pas paru souffrir d'une dégradation des mamelles. Par conséquent la différence n'a pas été consolidée statistiquement.

En raison de la teneur en gras légèrement plus faible du lait du groupe 2, le léger avantage de rendement de ces vaches se trouve amoindri, de sorte que les différences de valeurs de gras et de protéine du lait ainsi que les valeurs de lait corrigé pour l'énergie (LCE) ne sont plus significatives entre les deux groupes (tableau 12).

Tableau 12 : Quantité de gras et de protéines de lait, quantité de LCE

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 200 g de bicarbonate de sodium
Quantité de gras du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,43	1,41
Erreur standard	0,046	
Valeur P	0,7630	
Quantité de protéines du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,20	1,25
Erreur standard	0,030	
Valeur P	0,1364	
Quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE, kg/bête et jour)		
LSM	36,6	37,2
Erreur standard	0,951	
Valeur P	0,5640	

3.3.2. Phase d'essai 2

Le rapport fourrage grossier/concentrés dans la ration du groupe 2 a été ramené à 50:50 % dans cette phase d'essai. Elle devient donc encore plus riche en énergie que celle du groupe 1. La quantité de bicarbonate de sodium a été augmentée à 219 g par animal et par jour.

3.3.2.1. Prise alimentaire et prise d'eau

Malgré l'alimentation plus énergétique des vaches du groupe 2, ces bêtes n'ont pas consommé plus d'aliments que celles du groupe 1 (tableau 13).

Tableau 13 : Prise alimentaire et prise d'eau

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 219 g de bicarbonate de sodium
Teneur en masse sèche des rations alimentaires (%)		
Valeur moyenne	46,5	48,4
Prise alimentaire (kg MS/bête/jour)		
Least square means (LSM)	21,0	21,3
Erreur standard	0,405	

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 219 g de bicarbonate de sodium
Valeur P	0,4252	
<i>Eau absorbée (l/bête/jour)</i>		
LSM	93,5	103,0
Erreur standard	2,46	
Valeur P	0,0002	

Par rapport à la première phase d'essai, la consommation d'aliments du groupe 2 a même été beaucoup plus faible.

Les vaches du groupe 1, sans modification de ration, ont consommé quasiment les mêmes quantités d'eau et d'aliments. À l'inverse, la consommation d'eau du groupe 2 a nettement augmenté et s'est différenciée de manière très significative de celle du groupe 1. Le rapport de consommation aliments-eau du groupe 1 a été de 1:4,4 comme précédemment, mais de 1:4,8 pour le groupe 2. Cette consommation d'eau proportionnellement plus élevée pour les vaches du groupe 2 s'explique principalement par l'augmentation de la prise de sodium liée à l'ajout de bicarbonate de sodium.

3.3.2.2. Production laitière

Le stade de lactation moyen dans cette phase d'essai était alors de 148 (groupe d'essai 1) et 139 jours de lactation (groupe d'essai 2). La production de lait est restée à un très haut niveau.

Alors que les vaches du groupe 1 ont perdu un peu de lait, à ration égale par rapport à la première phase, le rendement des bêtes du groupe 2 est resté quasi-identique du fait de l'augmentation de l'apport énergétique, de sorte que la différence de production entre les deux groupes a augmenté de 1,6 kg, ce qui n'est toutefois pas significatif (tableau 14).

Tableau 14 : Volume de lait (kg/bête et jour)

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 219 g de bicarbonate de sodium
<i>Volume de lait (kg/bête/jour)</i>		
LSM	37,9	39,5
Erreur standard	1,22	
Valeur P	0,2175	

La teneur en gras du lait a diminué de la même manière pour les deux groupes par rapport à la première phase d'essai et maintenant a même été de 0,16 % (absolu) plus faible pour le groupe 2 que pour le groupe 1. Mais dans l'ensemble le niveau était très faible et l'acidose du rumen au niveau théorique (tableau 15).

Pour les vaches du groupe d'essai 2, le quotient gras-protéine a été un peu plus faible avec 1,12.

Pour les autres composants du lait, les différences entre les deux groupes d'animaux n'ont une fois de plus pas été représentatives.

Tableau 15 : Composantes du lait

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 219 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en gras du lait (%)</i>		
LSM	3,64	3,48
Erreur standard	0,149	
Valeur P	0,2960	
<i>Teneur en protéine du lait (%)</i>		
LSM	3,17	3,15
Erreur standard	0,049	
Valeur P	0,6914	
<i>Quotient gras-protéine</i>		
LSM	1,15	1,12
Erreur standard	0,046	
Valeur P	0,4555	
<i>Teneur en lactose du lait (%)</i>		
LSM	4,80	4,81
Erreur standard	0,035	
Valeur P	0,8102	
<i>Teneur en urée du lait (mg/kg)</i>		
LSM	273	279
Erreur standard	9,15	
Valeur P	0,5420	
<i>Dénombrement cellulaire (log.)</i>		
LSM	1,52	1,34
Erreur standard	0,429	
Valeur P	0,6612	

Principalement en raison de la teneur en gras légèrement plus faible du lait du groupe 2, le net avantage de production de lait de ces vaches (1,6 kg) se trouve amoindri pour ce qui est de la quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE), de sorte que les quantités de gras et de protéine du lait ainsi que de LCE se valent (tableau 16).

Tableau 16 : Quantité de gras et de protéines de lait, quantité de LCE

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 219 g de bicarbonate de sodium
Quantité de gras du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,43	1,42
Erreur standard	0,049	
Valeur P	0,7931	
Quantité de protéines du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,25	1,28
Erreur standard	0,036	
Valeur P	0,3633	
Quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE, kg/bête et jour)		
LSM	37,3	37,7
Erreur standard	0,988	
Valeur P	0,6445	

Par rapport à la première phase d'essai où la quantité de LCE était de 36,6 (groupe 1) et 37,2 kg (groupe 2), les bêtes ont produit 0,7 et 0,5 kg de LCE de plus par animal et par jour lors de cette phase.

3.3.3. Phase d'essai 3

Le rapport de fourrage grossier/concentrés de la ration du groupe 2 est resté à 50:50 % mais la quantité de bicarbonate de sodium a été augmentée à 250 g par animal et par jour.

3.3.3.1. Prise alimentaire et prise d'eau

En comparaison avec la seconde phase d'essai, la seule différence entre les deux groupes est maintenant l'ajout de 250 g de bicarbonate de sodium par animal et par jour pour le groupe 2. Mais la consommation alimentaire de ces bêtes a augmenté à 22,2 kg MS en moyenne, atteignant maintenant le niveau de la première phase d'essai (tableau 17). Les vaches du groupe 1 ont consommé la même quantité d'aliments que précédemment.

La prise d'eau des deux groupes est restée presque identique à celle de la phase 2, c'est-à-dire que les bêtes du groupe 2 ont consommé beaucoup plus d'eau par rapport aux aliments en valeur absolue et relative.

Tableau 17 : Prise alimentaire et prise d'eau

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 250 g de bicarbonate de sodium
Teneur en masse sèche des rations alimentaires (%)		
Valeur moyenne	42,0	46,0
Prise alimentaire (kg MS/bête/jour)		
Least square means (LSM)	21,5	22,2
Erreur standard	0,361	
Valeur P	0,0762	
Eau absorbée (l/bête/jour)		
LSM	92,1	104,0
Erreur standard	2,57	
Valeur P	0,0001	

3.3.3.2. Production laitière

Dans cette phase d'essai, les animaux se sont trouvés exactement en milieu de lactation avec 165 (groupe d'essai 1) et 156 jours de lactation (groupe d'essai 2). Cela explique également la baisse de production pour les vaches du groupe 2 en comparaison avec la phase d'essai précédente. Avec 36,9 et 38,6 kg par animal et par jour, le rendement a été très élevé dans les deux groupes (tableau 18).

Tableau 18 : Volume de lait (kg/bête et jour)

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 250 g de bicarbonate de sodium
Volume de lait (kg/bête/jour)		
LSM	36,9	38,6
Erreur standard	1,41	
Valeur P	0,2238	

Avec 1,7 Kg, la différence de rendement entre les deux groupes a été presque identique à celle constatée à la phase 2.

La teneur en gras du lait est restée presque identique dans les deux groupes à celle de la phase 2. Celle-ci a été ici également plus faible de 0,16 % (absolu) pour le groupe 2 que pour le groupe 1 (tableau 19).

Tableau 19 : Composantes du lait

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 250 g de bicarbonate de sodium
Teneur en gras du lait (%)		
LSM	3,62	3,46
Erreur standard	0,151	
Valeur P	0,2980	
Teneur en protéine du lait (%)		
LSM	3,21	3,23
Erreur standard	0,051	
Valeur P	0,6470	
Quotient gras-protéine		
LSM	1,13	1,07
Erreur standard	0,038	
Valeur P	0,1198	
Teneur en lactose du lait (%)		
LSM	4,77	4,79
Erreur standard	0,035	
Valeur P	0,5873	
Teneur en urée du lait (mg/kg)		
LSM	243	250
Erreur standard	8,79	
Valeur P	0,4484	
Dénombrement cellulaire (log.)		
LSM	1,67	1,50
Erreur standard	0,429	
Valeur P	0,6815	

La teneur en protéine a cependant augmenté légèrement dans les deux groupes d'animaux. Le quotient gras-protéine a donc de nouveau légèrement diminué.

Les teneurs du lait en urée déterminées lors de cette phase d'essai ont été sensiblement plus faibles que précédemment, du fait du passage à l'ensilage d'herbe de 1ère coupe 2013 légèrement plus pauvre en protéines le 03.07.2013. De ce point de vue, il n'y a une fois de plus pas eu de différences entre les deux groupes d'animaux. Il en est de même pour les autres composants du lait.

Les quantités obtenues de gras et de protéine de lait ainsi que de lait corrigé pour gras et protéine pour les deux groupes ont été un peu plus faibles que lors de la

phase d'essai précédente. Les faibles différences entre les deux groupes d'essai sont restées quasi-inchangées. Cette fois-ci, la quantité de protéine de lait plus élevée pour le groupe 2 a cependant été significative statistiquement (tableau 20).

Tableau 20 : Quantité de gras et de protéines de lait, quantité de LCE

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 250 g de bicarbonate de sodium
Quantité de gras du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,37	1,36
Erreur standard	0,048	
Valeur P	0,7770	
Quantité de protéines du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,19	1,26
Erreur standard	0,032	
Valeur P	0,0410	
Quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE, kg/bête et jour)		
LSM	35,6	36,4
Erreur standard	0,917	
Valeur P	0,3428	

3.3.4. Phase d'essai 4

Le rapport de fourrage grossier/concentrés de la ration du groupe 2 est encore resté à 50:50 % mais la quantité de bicarbonate de sodium a été augmentée à 300 g par animal et par jour dans cette phase d'essai.

3.3.4.1. Prise alimentaire et prise d'eau

Les vaches du groupe 2 ont encore augmenté leur consommation alimentaire par rapport à la phase 3 et, avec une moyenne de 22,8 kg MS, ont présenté la prise d'aliments la plus élevée de tout l'essai (tableau 21). Les vaches du groupe 1 ont au contraire consommé un peu moins d'aliments avec 20,7 kg MS que lors de la phase d'essai précédente, de sorte que nous obtenons avec 2,1 kg MS une différence statistiquement significative de consommation alimentaire entre les deux groupes.

Tableau 21 : Prise alimentaire et prise d'eau

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en masse sèche des rations alimentaires (%)</i>		
Valeur moyenne	41,0	47,0
<i>Prise alimentaire (kg MS/bête/jour)</i>		
Least square means (LSM)	20,7	22,8
Erreur standard	0,388	
Valeur P	0,0001	
<i>Eau absorbée (l/bête/jour)</i>		
LSM	93,3	110,0
Erreur standard	2,55	
Valeur P	0,0001	

3.3.4.2. Production laitière

Avec 184 et 176 jours de lactation, les vaches de l'essai se trouvent maintenant presque en fin du second tiers de lactation et ont démontré avec 35,1 et 38,7 kg un rendement laitier toujours très élevé (tableau 22).

Tableau 22 : Volume de lait (kg/bête et jour)

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
<i>Volume de lait (kg/bête/jour)</i>		
LSM	35,1	38,7
Erreur standard	1,32	
Valeur P	0,0088	

Tandis que dans le groupe 1 avec une ration inchangée, la baisse de production physiologique continuait (la quantité de lait moyenne par bête et par jour baissant de 1,8 kg par rapport au milieu de lactation lors de la phase d'essai 3), les vaches du groupe 2 ont maintenu une production constante.

Lors des phases d'essai précédentes, l'avantage de production du groupe 2 était entre 1 et 1,7 kg. Lors de cette phase d'essai, il est passé à 3,6 kg par bête et par jour, ce qui est très significatif.

À la différence des deux phases d'essai précédentes, la teneur en gras du lait des deux groupes a légèrement augmenté. Toutefois la différence entre les deux groupes est restée quasi-inchangée avec 0,14 % (absolu) (tableau 23).

Tableau 23 : Composantes du lait

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en gras du lait (%)</i>		
LSM	3,75	3,51
Erreur standard	0,138	
Valeur P	0,0869	
<i>Teneur en protéine du lait (%)</i>		
LSM	3,26	3,29
Erreur standard	0,055	
Valeur P	0,5287	
<i>Quotient gras-protéine</i>		
LSM	1,15	1,06
Erreur standard	0,033	
Valeur P	0,0096	
<i>Teneur en lactose du lait (%)</i>		
LSM	4,75	4,77
Erreur standard	0,035	
Valeur P	0,5227	
<i>Teneur en urée du lait (mg/kg)</i>		
LSM	254	260
Erreur standard	8,31	
Valeur P	0,5158	

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
Dénombrement cellulaire (log.)		
LSM	1,56	1,68
Erreur standard	0,439	
Valeur P	0,7905	

Même la teneur en protéine a augmenté légèrement dans les deux groupes d'animaux. Le quotient gras-protéine est donc resté quasi-inchangé dans les deux groupes.

Comme précédemment, les autres composants du lait ont démontré de très faibles différences entre les deux groupes d'animaux.

Les quantités obtenues de gras et de protéine de lait ainsi que de lait corrigé pour gras et protéine ont continué de diminuer pour le groupe 1 par rapport à la phase 3 (tableau 24).

Tableau 24 : Quantité de gras et de protéines de lait, quantité de LCE

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
Quantité de gras du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,34	1,33
Erreur standard	0,049	
Valeur P	0,7368	
Quantité de protéines du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,17	1,29
Erreur standard	0,036	
Valeur P	0,0012	
Quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE, kg/bête et jour)		
LSM	34,7	36,5
Erreur standard	1,05	
Valeur P	0,1000	

Au contraire, pour le groupe 2 la quantité de protéines a même légèrement augmenté, devenant significativement plus élevée que celle du groupe 1. Pour les animaux du groupe 2, la quantité de LCE est resté inchangée et supérieure de 1,8 kg par animal et par jour à celle du groupe 1. C'est la plus grande différence de production de tout l'essai.

3.3.5. Phase d'essai 5

Dans cette phase, la quantité de compléments alimentaires de la ration du groupe 2 a été de nouveau réduite et donc le rapport de fourrage grossier/concentrés ramené à 54:46 % comme dans la phase 1. Par contre, l'ajout de bicarbonate de sodium n'a pas été réduit aux 200 g de la phase 1, mais à 250 g par animal et par jour.

3.3.5.1. Prise alimentaire et prise d'eau

De manière frappante, les deux groupes ont présenté une consommation d'aliments nettement diminuée et très faible (tableau 25). Cela s'explique notamment par les conditions météorologiques. Tandis que lors des phases d'essai précédentes la température moyenne pendant le jour a été mesurée à 13 °C (phase 1), 15 °C (phases 2 et 3), 18 °C (phase 4) sur le site, elle a atteint 21 °C lors de la phase 5. Cela signifie qu'il a été mesuré plus de 30 °C en journée mais que l'air n'a pas pu refroidir pendant la nuit, ce qui a provoqué un stress thermique chez les animaux.

Tableau 25 : Prise alimentaire et prise d'eau

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 250 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en masse sèche des rations alimentaires (%)</i>		
Valeur moyenne	40,8	44,5
<i>Prise alimentaire (kg MS/bête/jour)</i>		
Least square means (LSM)	19,7	20,4
Erreur standard	0,359	
Valeur P	0,0744	
<i>Eau absorbée (l/bête/jour)</i>		
LSM	93,0	100,0
Erreur standard	2,99	
Valeur P	0,0205	

La baisse de consommation alimentaire du groupe 1 a été de 1 kg MS par bête et par jour en comparaison avec la phase précédente, mais elle a été de 2,4 kg MS par bête et par jour pour le groupe 2. Pour le groupe 2, cette baisse s'explique bien sûr d'une part par la modification de la ration, d'autre part par la baisse d'apport énergétique de la ration.

La proportion d'eau-aliments consommée a augmenté de la même manière pour les deux groupes, du fait des températures ambiantes élevées. Le rapport de consommation aliments-eau a maintenant été de 1:4,7 pour le groupe 1 et de 1:4,9 pour le groupe 2.

3.3.5.2. Production laitière

La production des vaches du groupe 1 a encore diminué de 1,2 kg par bête et par jour par rapport à la phase précédente, ce qu'explique en partie l'avancée de la lactation (tableau 26). Le stade de lactation moyen de toutes les vaches observées a été dans cette phase d'essai 198 (groupe d'essai 1) et 190 jours (groupe d'essai 2). Il a d'autre part fallu en partie prendre en compte le stress thermique des animaux.

Tableau 26 : Volume de lait (kg/bête et jour)

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 250 g de bicarbonate de sodium
Volume de lait (kg/bête/jour)		
LSM	33,9	35,7
Erreur standard	1,21	
Valeur P	0,1392	

À l'inverse, entre la phase d'essai précédente et celle-ci, le groupe 2 a montré une forte baisse de production de 3 kg. Cette baisse s'explique bien sûr d'une part par la modification de la ration et par la baisse d'apport énergétique de la ration, comme nous l'avons vu à la phase précédente, d'autre part par le stress thermique.

L'avantage de production de ce groupe a donc diminué à 1,8 kg par bête et par jour.

Ici également, comme lors de la phase d'essai précédente, la teneur en gras du lait des deux groupes a encore légèrement augmenté (tableau 27).

Tableau 27 : Composantes du lait

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 250 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en gras du lait (%)</i>		
LSM	3,86	3,67
Erreur standard	0,144	
Valeur P	0,2011	
<i>Teneur en protéine du lait (%)</i>		
LSM	3,28	3,24
Erreur standard	0,057	
Valeur P	0,4692	
<i>Quotient gras-protéine</i>		
LSM	1,18	1,14
Erreur standard	0,033	
Valeur P	0,2356	
<i>Teneur en lactose du lait (%)</i>		
LSM	4,74	4,78
Erreur standard	0,038	
Valeur P	0,3856	
<i>Teneur en urée du lait (mg/kg)</i>		
LSM	266	258
Erreur standard	7,82	
Valeur P	0,3316	
<i>Dénombrement cellulaire (log.)</i>		
LSM	2,03	1,61
Erreur standard	0,464	
Valeur P	0,3731	

Toutefois la différence entre les deux groupes a légèrement augmenté avec 0,19 % (absolu).

Le rapport gras-protéine s'est donc encore légèrement accru.

Comme précédemment, les autres composants du lait ont démontré des différences non significatives entre les deux groupes d'animaux.

Les quantités obtenues de gras et de protéine de lait ainsi que de LCE ont continué de diminuer pour les deux groupes par rapport à la phase 4 (tableau 28).

Tableau 28 : Quantité de gras et de protéines de lait, quantité de LCE

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 250 g de bicarbonate de sodium
Quantité de gras du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,30	1,32
Erreur standard	0,044	
Valeur P	0,7295	
Quantité de protéines du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,11	1,16
Erreur standard	0,034	
Valeur P	0,1172	
Quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE, kg/bête et jour)		
LSM	33,2	34,3
Erreur standard	1,00	
Valeur P	0,2446	

L'avantage de production des vaches du groupe 2 a en outre diminué. La différence de LCE entre les deux groupes n'a plus été que de 1,1 kg par bête et par jour

3.3.6. Phase d'essai 6

À quantité de compléments alimentaires et à rapport fourrage grossier/concentrés (54:46 %) dans la ration du groupe 2 identiques à la phase 5, la quantité de bicarbonate de sodium a été de nouveau abaissée à 150 g par animal et par jour.

3.3.6.1. Prise alimentaire et prise d'eau

La consommation alimentaire des deux groupes d'essai est restée au niveau de la phase 5 (tableau 29), mais les températures ambiantes sont nettement retombées, tout en restant encore à 16,5 °C, lors de cette phase d'essai.

Tableau 29 : Prise alimentaire et prise d'eau

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 150 g de bicarbonate de sodium
<i>Teneur en masse sèche des rations alimentaires (%)</i>		
Valeur moyenne	40,3	42,7
<i>Prise alimentaire (kg MS/bête/jour)</i>		
Least square means (LSM)	20,3	20,6
Erreur standard	0,382	
Valeur P	0,5017	
<i>Eau absorbée (l/bête/jour)</i>		
LSM	90,8	92,2
Erreur standard	2,73	
Valeur P	0,6122	

L'une des raisons est bien sûr essentiellement la baisse de prise alimentaire courante en fin de lactation.

On note ici la consommation d'eau (par rapport aux aliments en valeur absolue et relative) de nouveau plus faible des bêtes du groupe d'essai 2 en comparaison des phases d'essai 2 à 5. Les animaux des deux groupes ont absorbé 4,5 l d'eau par kilogramme de masse sèche.

3.3.6.2. Production laitière

Les vaches des deux groupes d'essai étaient en fin de période de lactation lors de cette phase.

La production des vaches du groupe 1 n'a plus baissé par rapport à la phase d'essai précédente. Par contre, la baisse de rendement du groupe 2 a continué, de sorte que l'avantage de production du groupe 2 n'était plus que de 0,5 kg par bête et par jour (tableau 30).

Tableau 30 : Volume de lait (kg/bête et jour)

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 150 g de bicarbonate de sodium
Volume de lait (kg/bête/jour)		
LSM	34,2	34,7
Erreur standard	1,25	
Valeur P	0,6690	

À la différence de la phase précédente et contrairement à ce qu'on pouvait attendre, la teneur en gras du lait a de nouveau baissé de la même manière dans les deux groupes. La différence entre les deux groupes est cependant restée constante avec 0,19 % (absolu) (tableau 31).

La teneur en protéine de lait est restée presque inchangée, de sorte le rapport gras-protéine s'est de nouveau réduit en direction de 1:1,1 dans les deux groupes.

Comme précédemment, les autres composants du lait ont démontré des différences non significatives entre les deux groupes d'animaux.

Tableau 31 : Composantes du lait

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 150 g de bicarbonate de sodium
Teneur en gras du lait (%)		
LSM	3,77	3,58
Erreur standard	0,153	
Valeur P	0,2330	
Teneur en protéine du lait (%)		
LSM	3,30	3,28
Erreur standard	0,057	
Valeur P	0,6746	
Quotient gras-protéine		
LSM	1,14	1,09
Erreur standard	0,034	
Valeur P	0,1612	

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 150 g de bicarbonate de sodium
Teneur en lactose du lait (%)		
LSM	4,77	4,78
Erreur standard	0,041	
Valeur P	0,7157	
Teneur en urée du lait (mg/kg)		
LSM	229	217
Erreur standard	8,37	
Valeur P	0,1458	
Dénombrement cellulaire (log.)		
LSM	1,89	1,69
Erreur standard	0,471	
Valeur P	0,6846	

Comme à la phase précédente, les quantités de gras et de protéine de lait ainsi que de LCE ont continué de diminuer pour les deux groupes. Ici également, la baisse de production du groupe 2 entre la phase 5 et la phase 6 a été avec 1,4 kg de LCE par bête et par jour plus importante que pour les animaux du groupe 1 avec seulement 0,5 kg de LCE par bête et par jour, ce qui annule presque complètement l'avantage de production pour le LCE également (tableau 32).

Tableau 32 : Quantité de gras et de protéines de lait, LCE

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 150 g de bicarbonate de sodium
Quantité de gras du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,26	1,24
Erreur standard	0,044	
Valeur P	0,5753	
Quantité de protéines du lait (kg/bête et jour)		
LSM	1,12	1,14
Erreur standard	0,033	
Valeur P	0,4445	

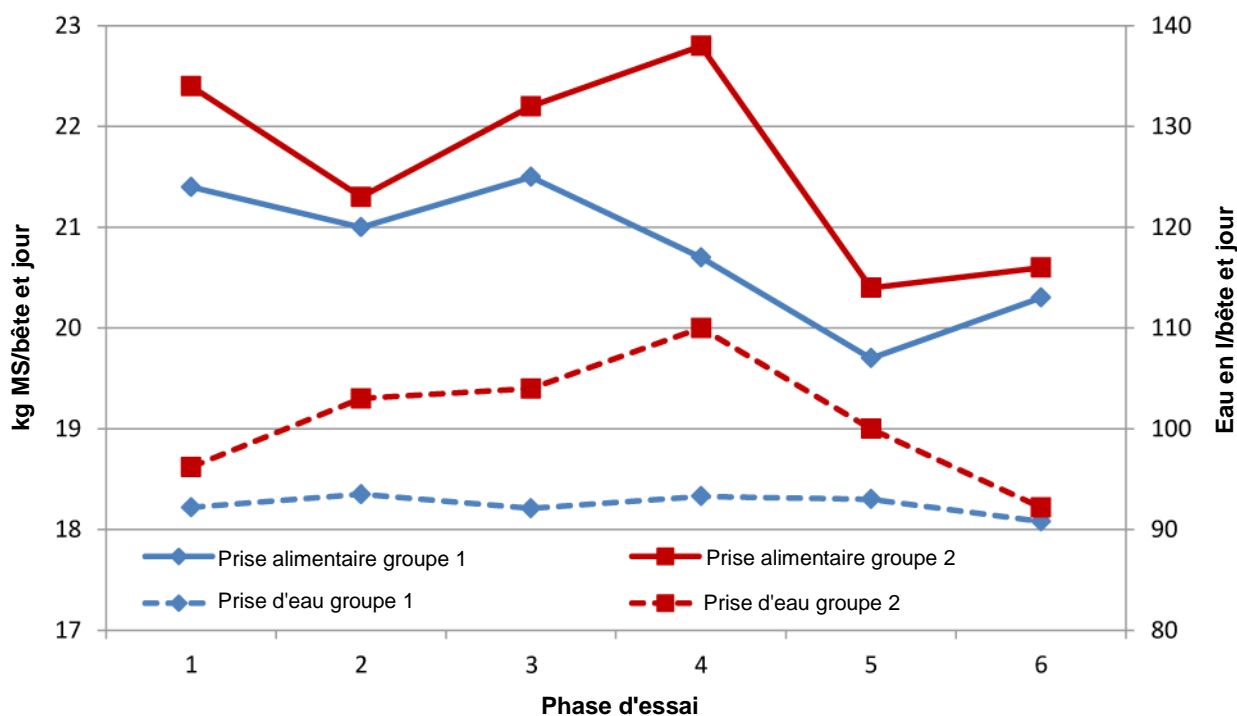
Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 54:46 % + 150 g de bicarbonate de sodium
Quantité de lait corrigé pour l'énergie (LCE, kg/bête et jour)		
LSM	32,7	32,9
Erreur standard	0,942	
Valeur P	0,8419	

3.4. Consommation alimentaire et production au cours de l'essai

3.4.1. Consommation alimentaire et consommation d'eau au cours de l'essai

Tout au long de l'essai, les deux groupes ont présenté des consommations d'eau et d'aliments très différentes (graphique 1).

Graphique 1 : Consommation alimentaire et consommation d'eau au cours de l'essai



Pendant la durée de l'essai, la consommation alimentaire des animaux du groupe 1 a diminué petit à petit avec une composition constante des rations. Ceci était prévisible du fait de la progression du stade de la lactation. La consommation alimentaire moyenne de 21,3 kg (ce qui équivaut à 50,1 kg de masse fraîche) de ce groupe reflète le niveau habituel de consommation alimentaire du troupeau de l'essai.

Au contraire, la consommation alimentaire des bêtes du groupe d'essai 2 a été de 22,1 kg MS par bête et par jour (soit 47,8 kg de masse fraîche ; en raison de la plus grande proportion de complément énergétique, la teneur en masse sèche de la TMR a toujours été plus élevée que celle du groupe 1) a été de 0,8 kg supérieure à la moyenne de l'essai. Ceci était également à attendre, car la quantité énergétique et nutritionnelle de la ration alimentaire influe sur le niveau possible de consommation alimentaire.

L'apport énergétique de la ration du groupe 2 a été augmenté lors des phases d'essai 2 à 4. Par conséquent, une nouvelle baisse de prise alimentaire n'a été amoindrie qu'une fois. Certaines différences sont ainsi apparues en fonction de l'apport en bicarbonate de sodium. Ainsi une fois au cours de la 2ème phase d'essai, et malgré la hausse d'apport énergétique par l'augmentation de la dose de concentrés (rapport fourrage grossier/concentrés à 50:50 %) et la quantité de bicarbonate de sodium de 219 g par bête et par jour, la consommation alimentaire a baissé par rapport à la première phase et cette baisse a même été plus forte que pour le groupe d'essai 1. La consommation d'aliments n'a remonté qu'avec l'augmentation de la quantité de bicarbonate de sodium à 250 g à la 3ème phase d'essai. Avec une nouvelle augmentation de la quantité de bicarbonate de sodium à 300 g par bête et par jour lors de la 4ème phase, les animaux ont consommé une nouvelle fois plus d'aliments et atteint avec une moyenne de 22,8 kg MS, malgré un stade de lactation encore en progression, leur prise de masse sèche la plus élevée de toute la durée de l'essai.

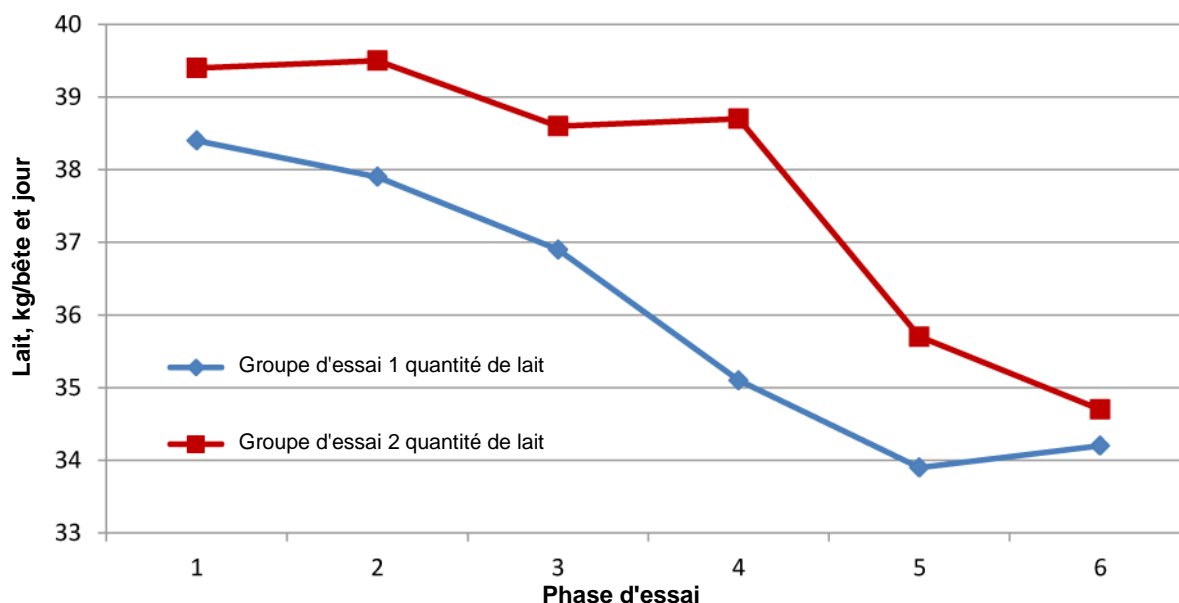
Lors de la 5ème phase d'essai, la quantité de compléments alimentaires de ce groupe 2 a été ramenée au niveau du groupe d'essai 1. Cela a entraîné une baisse de consommation alimentaire visiblement et nettement plus importante pour ces animaux que pour ceux du groupe 1. En outre, toutes les bêtes ont subi un stress thermique lors de cette phase d'essai. Cette période de stress explique également une faible augmentation de la prise alimentaire lors de la dernière phase d'essai, car les températures ambiantes sont nettement redescendues.

Le niveau de consommation d'eau des animaux du groupe 2 a très fortement dépendu de la quantité de bicarbonate de sodium consommé. Son augmentation ne s'explique donc pas seulement du fait que ces animaux consommaient un peu plus d'aliment que ceux du groupe 1.

3.4.2. Production de lait lors de l'essai

L'évolution de la production de lait lors de l'essai a été similaire dans les deux groupes d'essai, malgré un niveau quelque peu plus élevé pour le groupe 2 (graphique 2).

Graphique 2 : Production de lait lors de l'essai



Entre la première et la dernière phase d'essai, le rendement laitier des vaches du groupe 1 a baissé globalement de 4,2 kg, et ce de manière presque continue dans toutes les phases. Dans le groupe 2, avec une alimentation toujours plus énergétique, les bêtes ont fourni plus de lait à hauteur de 1,0 kg lors de la 1ère phase, 1,6 et 1,7 kg lors des 2ème et 3ème phases d'essai, 3,6 kg lors de la 4ème phase, 1,8 kg lors de la 5ème phase et enfin 0,5 kg lors de la 6ème phase.

Comparées aux vaches du groupe 1, les bêtes du groupe 2 ont démontré le plus grand avantage de production lors de la phase 4 avec une ration très énergétique et un rapport fourrage grossier/concentrés de 50:50 % associé à la plus grande quantité de bicarbonate de sodium de l'essai (300 g/bête et jour).

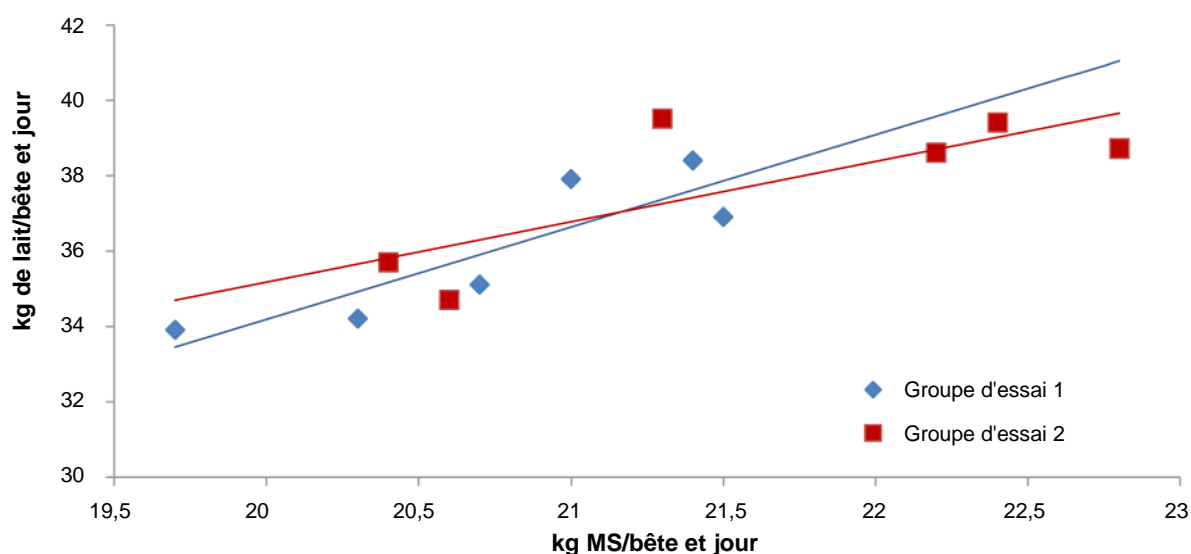
En raison de sa ration plus énergétique, en particulier dans les phases d'essai 2 à 4, le groupe 2 a fait montre d'une baisse de rendement moindre que le groupe 1, mais cette baisse a été plus forte pour le groupe 2 lors de la phase 5 du fait de la diminution de l'apport énergétique. Enfin, la baisse de rendement entre la première et la dernière phase, avec 4,7 kg pour le groupe 2, a été similaire à celle du groupe 1.

Cela signifie que le rendement laitier des vaches a diminué de 1,5 kg par mois. Cette valeur démontre une très bonne persistance.

La production laitière des animaux d'essai du groupe 1 a été en moyenne de 37,0 kg sur toute la période de l'essai, avec une ration constante contenant un rapport fourrage grossier/concentrés à 60:40 %. Avec une alimentation plus énergétique et un rapport fourrage grossier/concentrés de 54:46 % et 50:50 %, le rendement du groupe 2 a suivi l'augmentation de la consommation alimentaire avec 38,8 kg par bête et par jour, soit 1,8 Kg de plus que les animaux du groupe 1.

Entre les deux critères – consommation alimentaire et production de lait – a été constatée une relation positive étroite conforme aux attentes (graphique 3).

Graphique 3 : Relation entre la consommation alimentaire et la production de lait



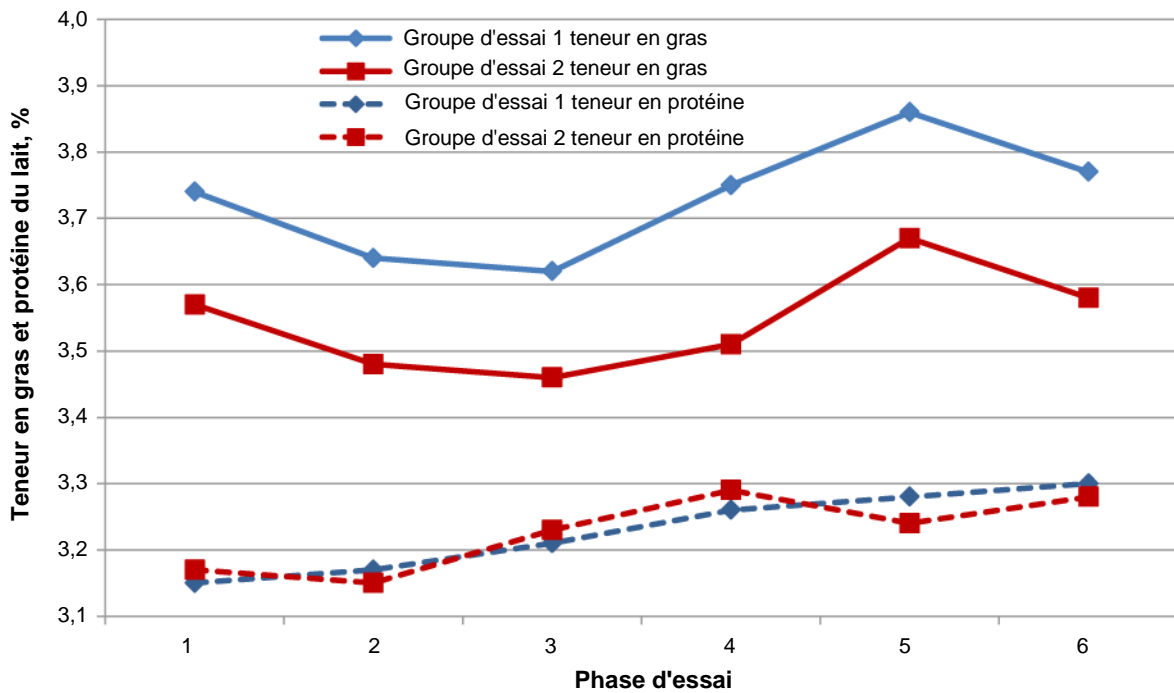
3.4.3. Teneur en gras et en protéines du lait au cours de l'essai

Les composants du lait gras et protéine ont été relativement faibles pour les deux groupes avec sur la durée de l'essai une moyenne de 3,76 % de gras (groupe 1) et 3,60 % de gras (groupe 2) et 3,22 % de protéines (groupe 1) et 3,23 % de protéines (groupe 2) (graphique 4).

Ces taux doivent d'une part être interprétés en même temps que le rendement élevé des bêtes, d'autre part ils reflètent le niveau observé dans tout le cheptel autour de Futterkamp. De ce point de vue, la teneur en gras des vaches du groupe 2, recevant une alimentation plus riche lors de chaque phase, a été de 0,16 et 0,24 % plus faible que les animaux d'essai du groupe 1.

Les évolutions des teneurs en gras du lait au cours de l'essai ont été absolument identiques : une baisse jusqu'à la 3ème phase d'essai, puis une hausse aux 4ème et 5ème phases et, lors de la dernière phase d'essai, de nouveau une diminution.

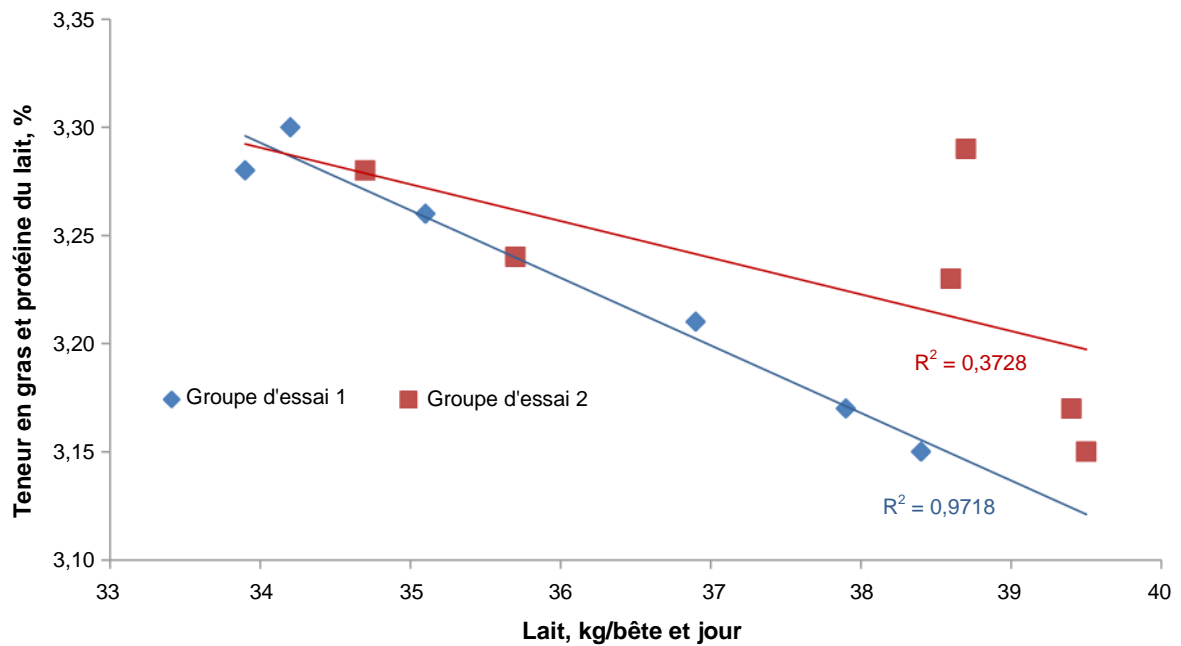
Graphique 4 : Teneurs en gras et en protéines du lait au cours de l'essai



Les teneurs en protéines du lait ont été très similaires, malgré une production de lait plus élevée pour le groupe d'essai 2. L'évolution des valeurs (une augmentation presque continue jusqu'à la fin de l'essai) a elle aussi été identique pour les deux groupes.

Il est à noter que les deux groupes ont démontré une relation très différente entre quantité de lait et teneur en protéines du lait (graphique 5).

Graphique 5 : Relation entre quantité de lait et teneur en protéines du lait

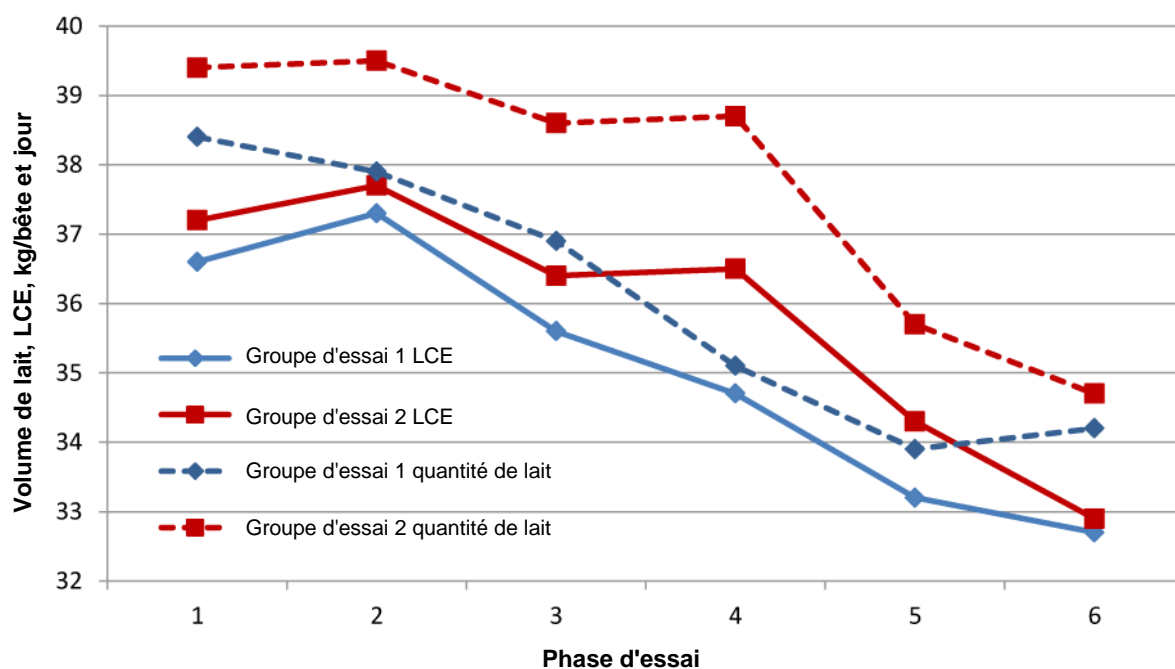


Tandis que pour le groupe 1 la teneur en protéines augmentait linéairement et proportionnellement à la baisse de production de lait, cette tendance n'a pas été aussi marquée pour les animaux du groupe 2.

3.4.4. Quantité de LCE au cours de l'essai

Entre la première et la dernière phase d'essai, la production de lait du groupe 1 a baissé de 4,2 kg, le LCE un peu moins avec 3,9 kg, du fait de l'augmentation des composants du lait accompagnant la baisse de production. La baisse de production du groupe 2 a été de 4,7 kg de lait et 4,3 kg de LCE (graphique 6).

Graphique 6 : Production de lait et de LCE lors de l'essai

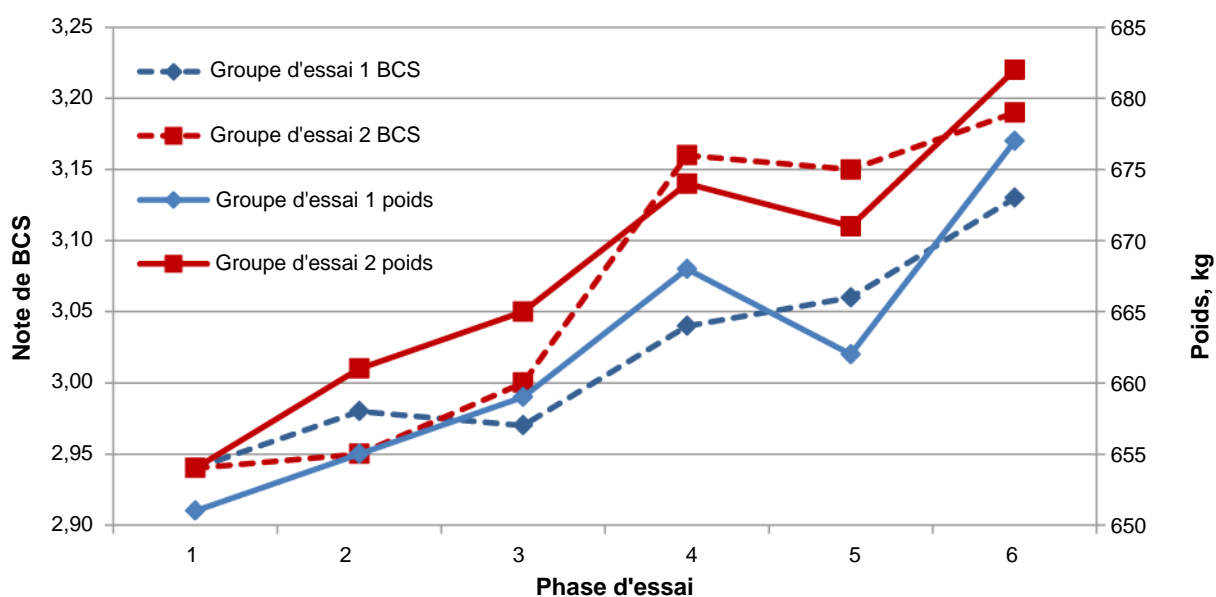


3.5. Évolution du poids et de la condition physique des animaux au cours de l'essai

Les animaux des deux groupes ont pris en moyenne 26 kg (groupe 1) et 28 kg (groupe 2) entre la 1ère et la 6ème phase de l'essai (graphique 7).

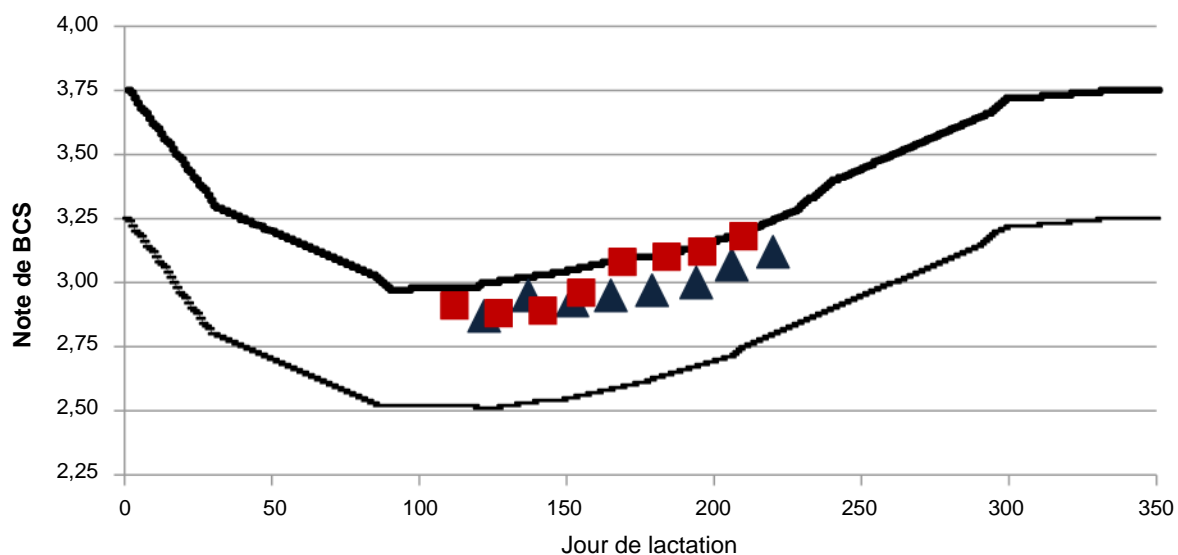
L'évolution du poids a presque identique pour les deux groupes avec une hausse continue entre la première et la dernière phase de l'essai. Lors de la phase 5, les animaux des deux groupes ont perdu un peu de poids, probablement en raison du stress thermique. Sinon il n'y a pas eu de différences entre les deux groupes d'animaux (tableau A2).

Graphique 7 : Évolution du poids et de la condition physique au cours de l'essai



Il en a été de même pour la condition physique des animaux. Les deux groupes d'essai ont montré une augmentation presque constante de la 1ère à la 6ème phase de l'essai. La condition physique a alors toujours été dans le tiers supérieur de la plage observée (graphique 8).

Graphique 8 : Comparaison de la condition physique avec la plage observée dans le cycle de lactation



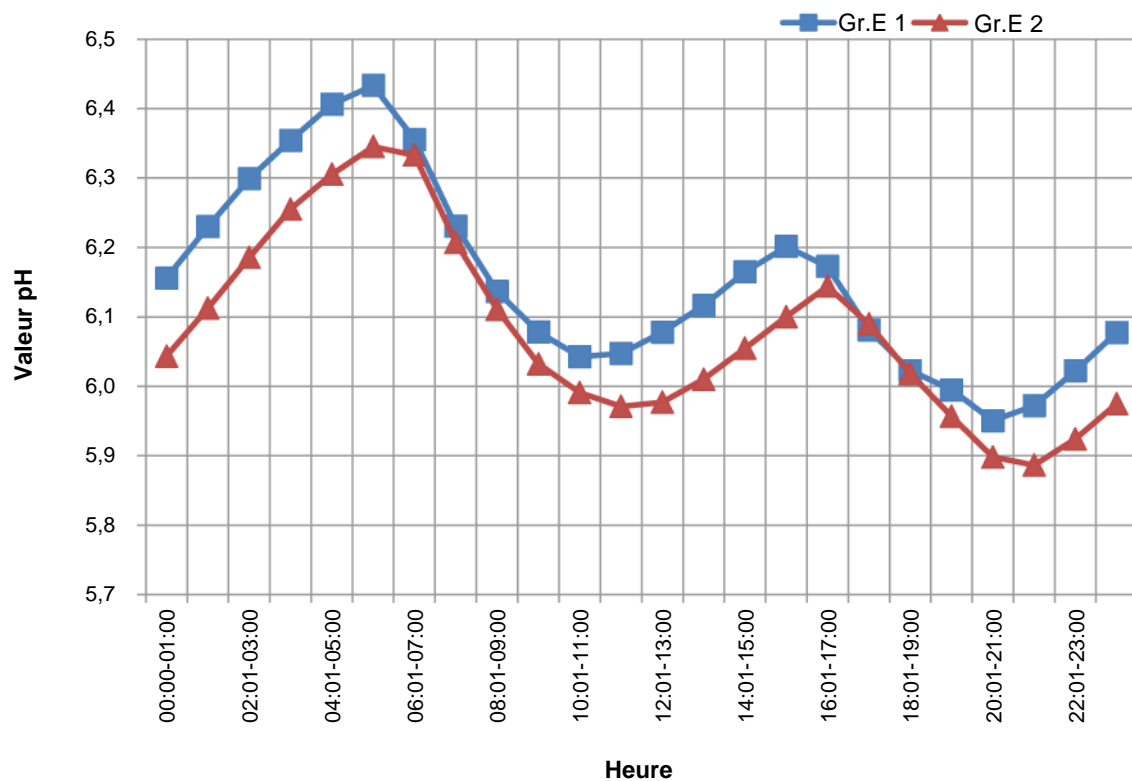
3.6. Valeur de pH intraruminal des animaux lors de l'essai

Pour 10 vaches (groupe 1 : 2,3 lactations, 10,276 kg de lait en pré lactation, 137ème jour de lactation le premier jour des mesures de pH, groupe 2 : 2,3 lactations, 10,403 kg de lait en pré lactation, 133ème jour de lactation le premier jour des mesures de pH) des deux groupes d'essai, une mesure continue du pH intraruminal a été effectuée sur 50 jours à partir du 20.05.2013.

En théorie, la plage optimale de variation du pH intraruminal se trouve entre 6,5 et 7,2. Nous avons pris comme valeur de référence une plage de pH entre 6,2 et 7,2. On parle d'acidose subclinique pour les valeurs de pH entre 5,5 et 6,1 et d'acidose clinique pour les valeurs de pH intraruminal inférieures à 5,5. Sur la base de leurs 80 études et autres recherches, STEINGASS et ZEBELI (2008) ont déterminé qu'une valeur de pH moyenne sur une journée de 6,32 était sans conséquence physiologique.

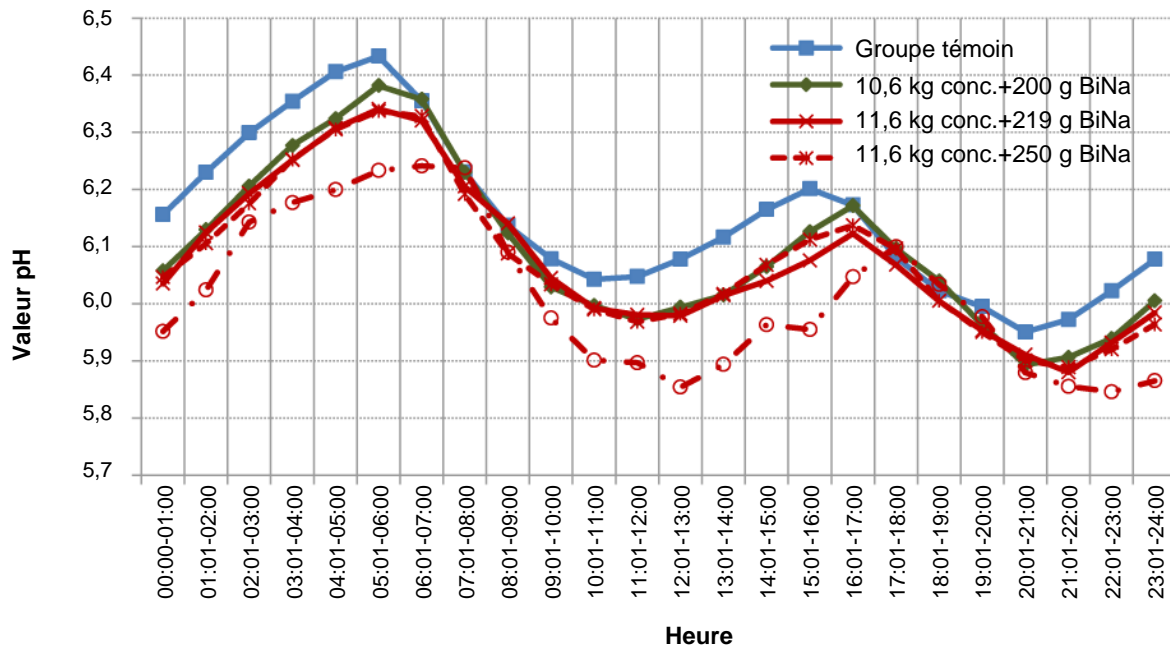
Il y a en outre toujours un rythme journalier marqué dans l'évolution du pH (graphique 9) conditionné par les heures de prise d'aliments et de rumination, il est identique pour les deux groupes, et la valeur moyenne de pH de 6,3 théoriquement physiologique n'a pas été atteinte lors de l'essai (tableau A3).

Graphique 9 : Rythme journalier d'évolution du pH intraruminal des deux groupes (du 21.05 au 10.07.2013 soit 50 jours de mesures)



Il en a été de même pour les deux groupes d'essai. Les différences entre les deux groupes d'animaux n'ont pas été caractéristiques ou significatives sur le plan statistique. L'observation est la même avec une étude différenciée de la valeur de pH au cours de la journée combinée aux différentes rations distribuées au groupe d'essai 2 (graphique 10).

Graphique 10 : Rythme journalier d'évolution du pH intraruminal, différenciée par groupe d'essai et phase d'alimentation (du 21.05 au 10.07.2013 soit 50 jours de mesures)



Remarque : il ne faut pas accorder trop d'importance aux résultats de la phase d'alimentation du groupe 2 avec 11,6 kg de concentrés et 300 g de bicarbonate de sodium car dans cette analyse, jusqu'au 50ème jour de mesure de boli de pH intraruminal, seulement 2 jours de cette phase d'alimentation ont pu être pris en compte

Même si les moyennes de pH intraruminal des animaux du groupe 2 sont toujours légèrement inférieures au groupe 1, les amplitudes, c'est-à-dire les variations à la hausse et à la baisse, des animaux des deux groupes ont été identiques. La différence entre la valeur de pH la plus élevée immédiatement avant l'affouragement du matin et la valeur la plus basse de la matinée pour le groupe 1 est de 0,39 et oscille entre 0,36 et 0,41 pour le groupe 2 (tableau 33).

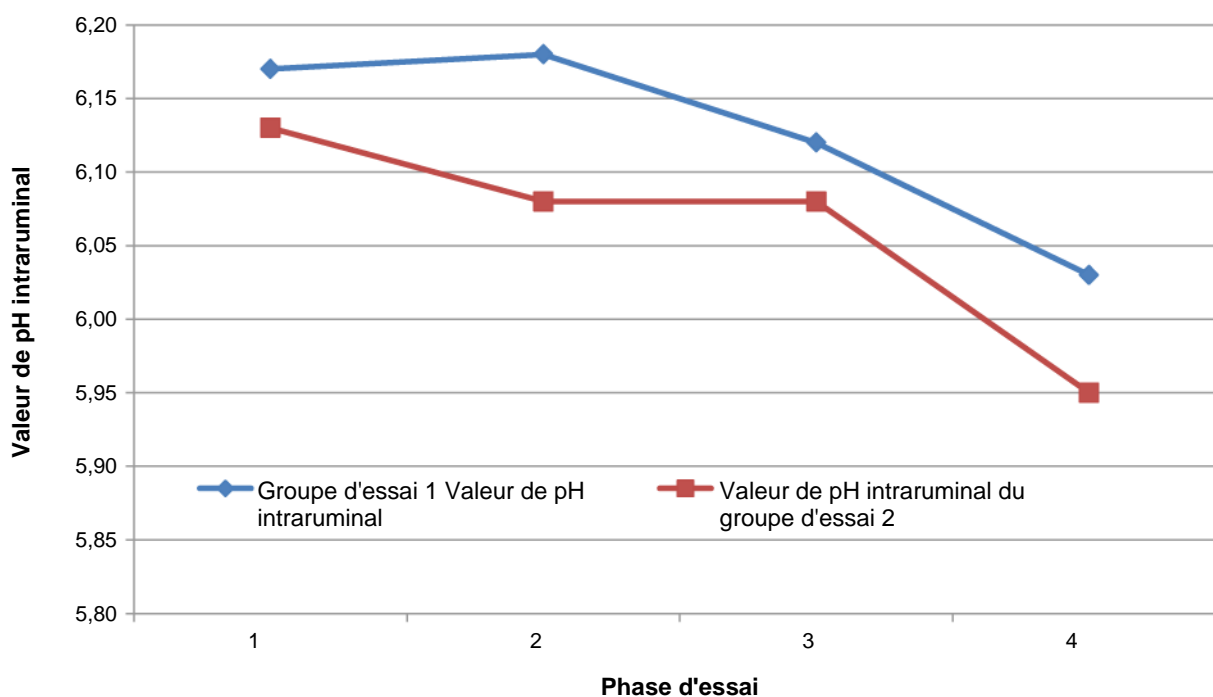
Tableau 33 : Différences entre les valeurs de pH intraruminal maximales et minimales au cours de la journée

Différence entre les valeurs de pH intraruminal maximales et minimales	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2			
		FG/C : 54:46 %	FG/C : 50:50 %		
		+ 200 g de bicarbonate de sodium	+ 219 g de bicarbonate de sodium	+ 250 g de bicarbonate de sodium	+ 300 g de bicarbonate de sodium
Après affouragement matinal	0,39	0,41	0,36	0,37	0,39
Après affouragement matinal	0,25	0,28	0,24	0,25	0,26

L'après-midi, les valeurs de pH intraruminal les plus élevées ont de nouveau été mesurées immédiatement avant distribution de nourriture et les valeurs les plus basses tard dans la journée. Ici, les différences entre la valeur de pH la plus haute et la valeur la plus basse du groupe d'essai 1 de 0,25 et du groupe 2 entre 0,24 et 0,28 ont certes été dans l'ensemble plus faibles que le matin, mais une fois encore similaires entre les groupes d'essai et les phases d'alimentation.

On note toutefois une baisse relativement continue sur la période de l'essai (graphique 11).

Graphique 11 : Valeurs de pH intraruminal des animaux lors de l'essai

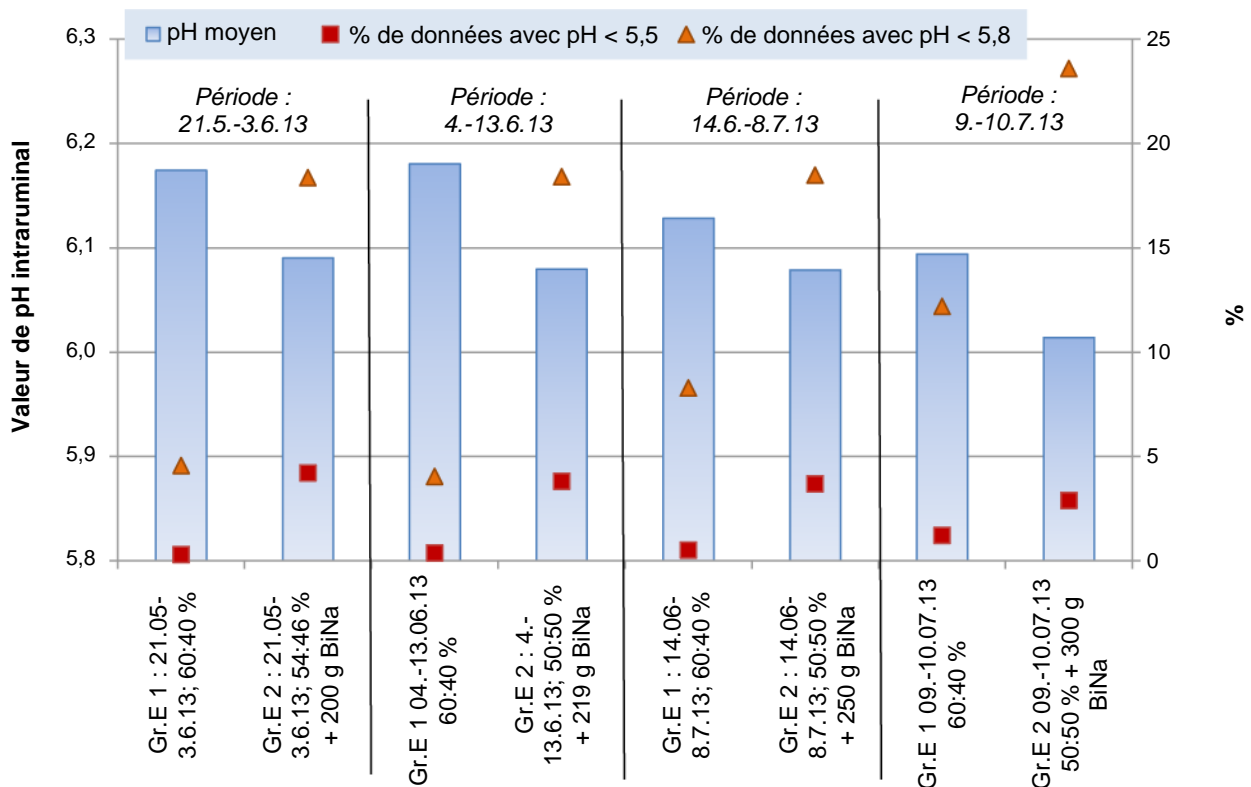


Concernant la comparaison avec d'autres résultats issus de la documentation existante, il faut prendre en compte le fait qu'avant l'introduction de ce capteur les mesures de pH intraruminal n'ont pas produit de résultats comparables, car les points de mesure ont toujours été différents.

Le placement exact de ce capteur se trouve au bas du réticulum (dans les descriptions scientifiques, on parle de « pH réticulaire » ou de « pH du réticulo-rumen »). Dans le « réticulo-rumen », les différences de valeurs de pH dépendent du point de la mesure. Des recherches de GASTEINER (« Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift 123 », cahier 7/8, 2010) ont montré que jusqu'à 99 % de bolus arrivent au plus tard au bout de 24 heures après administration au fond du réticulum et y restent de manière permanente. Le point de mesure est ainsi défini de façon univoque et permet donc de comparer les résultats obtenus. C'est le grand avantage de ces capteurs.

Les différentes phases d'essai ont présenté la courbe suivante (graphique 12 et tableau A4).

Graphique 12 : Moyennes (arithmétiques) de pH intraruminal des groupes et des phases de l'essai ainsi que part de valeurs < 5,5 ou < 5,8 (toutes les valeurs de mesure ayant été analysées jusqu'au 50ème jour de mesure=10.07.2013)



Comme nous l'avons vu précédemment, les différences des moyennes de pH intraruminal n'ont pas été significatives entre les groupes. Lors des phases 1 à 4 où ont eu lieu des mesures de pH intraruminal, les valeurs pour le groupe d'essai 2 ont été constamment inférieures d'environ 0,1.

On note en outre que la majorité des mesures est < 5,8. Dans les différentes phases, celle-ci a été supérieure pour le groupe 2 à hauteur de 13 % (phase 1), 14 % (phase 2), 10 % (phase 3) et 12 % (phase 4) par rapport aux animaux pourvus d'un bolus de rumen du groupe 1. Par conséquent, pour le groupe d'essai 1 il a été mesuré chaque jour dans la phase 1 72 min, dans la phase 2 58 min, dans la phase 3 115 min et dans la phase 4 173 min une valeur de pH intraruminal < 5,8. Pour les animaux du groupe d'essai 2, il a été mesuré une valeur de pH intraruminal < 5,8 dans la phase 1 à 3 259 min et dans la phase 4 346 min.

La proportion de valeurs de mesure < 5,5 dans toutes les phases est de 0 ou 1 % des vaches du groupe 1. Cela correspond à une durée journalière de 14 minutes maximum. Pour les animaux du groupe 2, cette part est avec 3 et 4 % (soit 43 et 58 min.) certes plus élevée mais également faible.

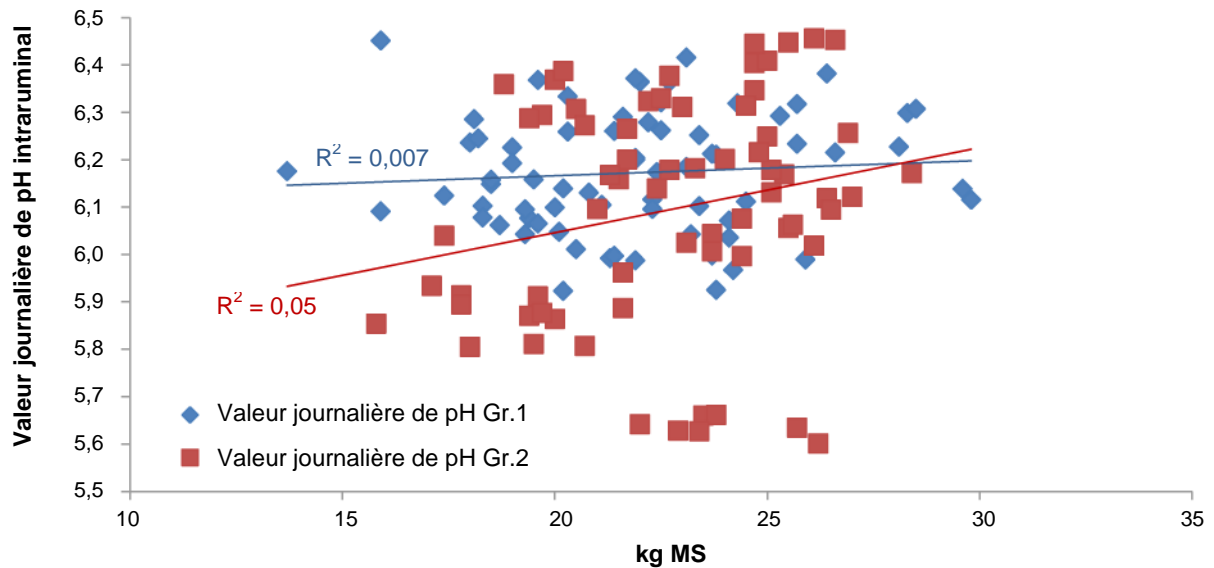
Le groupe d'essai 2 n'a pas présenté de différence de valeur de pH moyenne, ni dans les proportions de mesures < 5,8 ou 5,5, entre la ration de la phase 1 (rapport fourrage grossier/concentrés de 54:46 % combiné à 200 g de bicarbonate de sodium) et la ration plus énergétique de la phase 2 (rapport fourrage grossier/concentrés de 50:50 % combiné à 219 g de bicarbonate de sodium). Cela laisse supposer que la dose plus élevée de bicarbonate de sodium censée préserver le rumen était suffisante pour compenser complètement une éventuelle chute de pH intraruminal conditionnée par une quantité plus élevée de compléments énergétiques. Lors de la phase 3, la ration n'a pas été modifiée pour le groupe 2 et la dose de bicarbonate de sodium a été portée à 250 g. Cela n'a eu aucune influence sur le pH intraruminal (valeur moyenne de pH intraruminal, pourcentage de mesures < 5,8 ou < 5,5).

Une nouvelle augmentation de la dose de bicarbonate de sodium à 300 g lors de la phase 4 n'a pas non plus entraîné de hausse de la valeur de pH intraruminal. Cela a même eu l'effet inverse. Outre une faible diminution de la moyenne du pH intraruminal, c'est la proportion de valeurs < 5,8 qui a le plus augmenté.

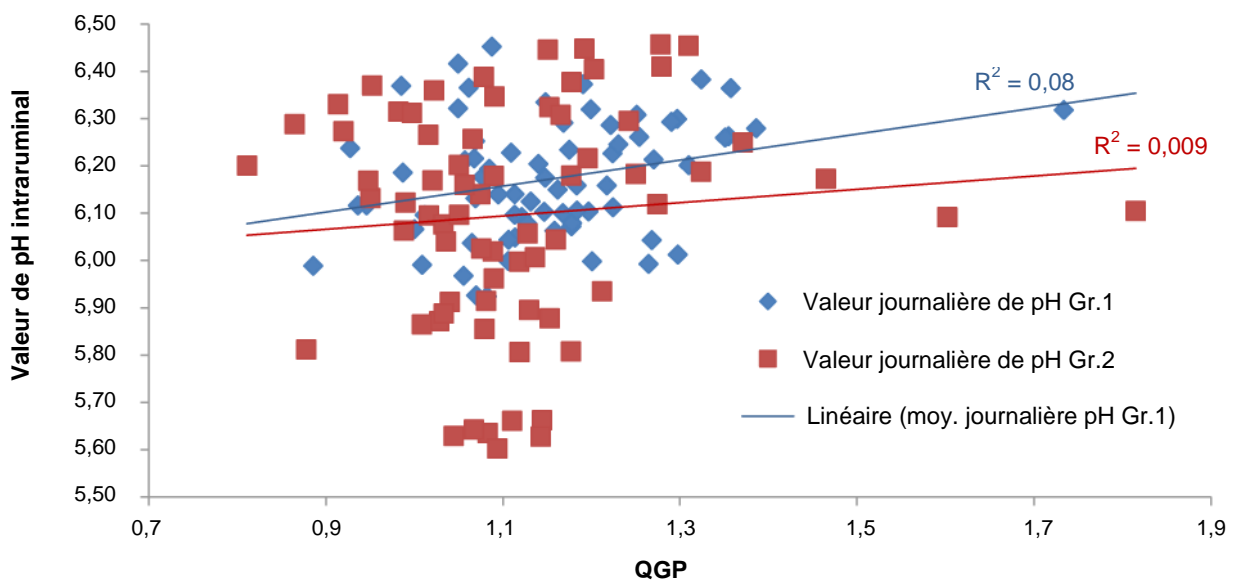
Mais le groupe d'essai 1 a montré la même évolution. Là aussi la valeur moyenne de pH intraruminal a légèrement baissé et la part de valeurs < 5,8 augmenté.

Il n'y a pas de relations entre la valeur moyenne journalière de pH intraruminal et la consommation alimentaire (graphique 13) et le quotient gras-protéine (QGP) du lait (graphique 14).

Graphique 13 : Valeurs de pH intraruminal et consommation alimentaire



Graphique 14 : Valeurs de pH intraruminal et QGP



Même si le niveau de pH intraruminal entre 6,1 et 6,2 dans le groupe 1 et entre 6,0 et 6,1 dans le groupe 2 était relativement bas, le groupe d'essai 2 n'a pas paru subir d'effet sur sa valeur de pH intraruminal quand la ration était d'un rapport fourrage grossier/concentrés de 50:50 % avec différentes doses de bicarbonate de sodium. Cela amène à se demander si les animaux ont vraiment connu une acidose du rumen.

D'autre part les faibles teneurs en gras du lait dans les deux groupes, mais surtout le groupe 2, s'expliqueraient par ces faibles valeurs de pH intraruminal, mais selon OETZEL (2007) les relations entre les deux paramètres sont limitées. L'auteur attribue la cause la plus fréquente de manque de gras dans le lait à un manque de saturation (biohydrogénation) d'acides gras non saturés dans le rumen (acide linoléique conjugué trans-10, cis-12, acide linoléique conjugué trans-9, cis-11), qui entrave la synthèse du gras du lait dans le pis. Ce phénomène peut cependant survenir en cas d'acidose du rumen subaigüe, et ce en raison d'une longue incidence négative sur la population bactérienne qui entraîne une biohydrogénation des acides gras.

Un manque d'acide acétique ou un rapport C2:C3 faible ne joue au contraire aucun rôle dans un manque de gras du lait selon les dires de l'auteur.

3.7. Paramètres métaboliques

Lors de la 3ème et de la 4ème phase d'essai, avec une ration pour le groupe 2 composée d'un rapport fourrage grossier/concentrés de 50:50 % et d'une dose de bicarbonate de sodium de 250 g et 300 g, tous les animaux ont subi un examen des paramètres métaboliques avec prélèvements d'urine pour évaluer l'équilibre acidobasique. Les prélèvements ont été spontanés, sans cathéter.

Les analyses ont été effectuées au laboratoire METABOVET de Rostock selon des méthodes normalisées.

Tous les paramètres de l'urine, à l'exception des valeurs de pH d'urine élevées dans les deux groupes, répondaient aux normes physiologiques (tableau 34).

Tableau 34 : Paramètres de l'urine

Critère	Groupe et phase d'essai			
	Phase d'essai 3		Phase d'essai 4	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 250 g de bicarbonate de sodium	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
Ca (mmol/l) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 0,3-1,5				
LSM	0,647	0,439	0,719	0,612
Erreur standard	0,058		0,089	
Valeur P	0,0007		0,2352	
K (mmol/l) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 150-300				
LSM	206	193	284	216
Erreur standard	9,87		8,72	

Critère	Groupe et phase d'essai			
	Phase d'essai 3		Phase d'essai 4	
	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 250 g de bicarbonate de sodium	Groupe d'essai 1 : FG/C : 60:40 %	Groupe d'essai 2 : FG/C : 50:50 % + 300 g de bicarbonate de sodium
Valeur P	0,1961		0,0001	
Na (mmol/l) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 20-100				
LSM	96,5	105,0	33,8	97,8
Erreur standard	11,9		8,67	
Valeur P	0,4871		0,0001	
ENAB (mmol/l) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 83-215				
LSM	131	160	164	168
Erreur standard	8,29		4,78	
Valeur P	0,0012		0,3580	
P (mmol/l) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 0,32-1,00				
LSM	0,584	0,592	0,601	0,578
Erreur standard	0,089		0,085	
Valeur P	0,9303		0,7894	
pH : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 7,8-8,4				
LSM	8,54	8,61	8,51	8,52
Erreur standard	0,019		0,021	
Valeur P	0,0004		0,3974	
Ca (mmol/l) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 40-160				
LSM	68,5	39,9	93,9	54,0
Erreur standard	6,97		8,27	
Valeur P	0,0002		0,0001	
Densité (g/ml) : Valeur indicative ou physiologique (FÜRLL, 2002) : 1,02-1,04				
LSM	1,033	1,030	1,032	1,029
Erreur standard	0,001		0,001	
Valeur P	0,0207		0,0069	

Les différences entre les deux groupes d'animaux ont parfois été importantes et significatives sur le plan statistique.

Dans la pratique, l'excrétion nette acide-basique (ENAB), la valeur de pH de l'urine et les excrétions de calcium et de phosphore se sont imposées comme paramètres métaboliques d'observation de l'équilibre acidobasique. Des valeurs ENAB faibles combinées à des excrétions élevées de calcium et de phosphore tendraient à indiquer une forte acidité dans

les urines et donc éventuellement une acidité excessive (acidose ruminale), mais une ENAB élevée plutôt une alcalose.

L'ENAB s'élevait en moyenne à 131 mmol/l (phase d'essai 3) et 164 mmol/l (phase d'essai 4) pour les bêtes du groupe 1, résolument dans la plage physiologique observée. L'ENAB des animaux du groupe 2 était supérieure de 33 mmol/l à celle du groupe 1 dans la phase 3, et presque identique lors de la phase 4.

Comme on pouvait l'attendre, l'ENAB légèrement supérieure chez le groupe 2 s'accompagne d'une excrétion de Ca légèrement inférieure et, de la même manière, au moins lors de la phase 3, du pH des urines significativement plus élevé chez les animaux du groupe 2.

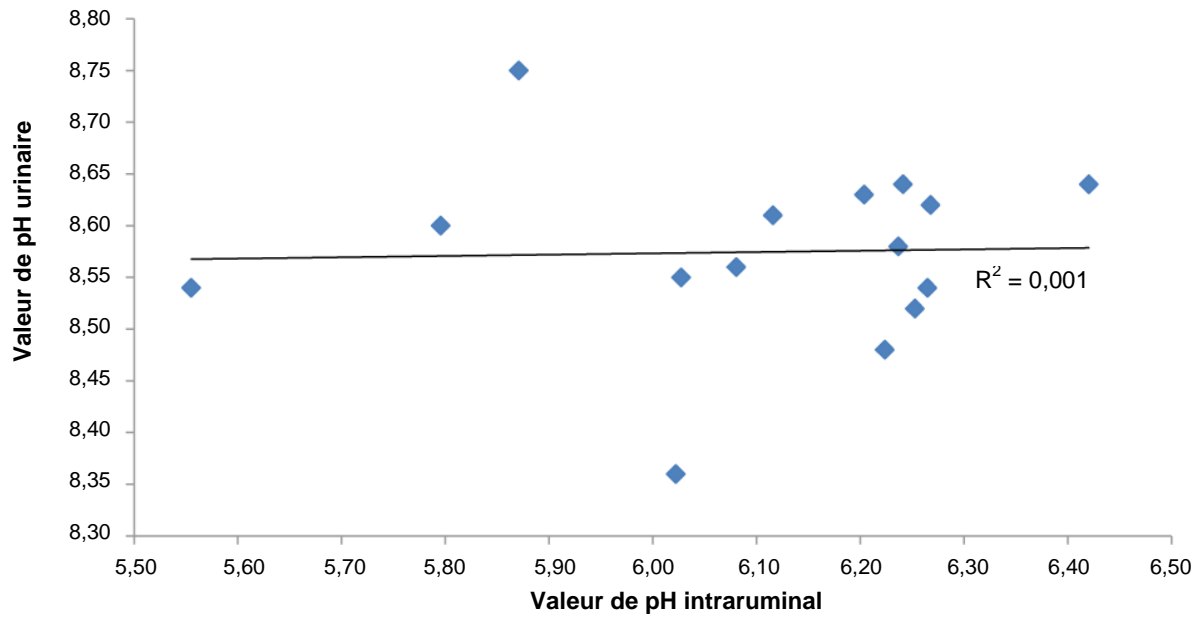
L'absorption plus élevée de sodium liée à l'ajout de bicarbonate de sodium a entraîné une excrétion de sodium également plus élevée chez les animaux du groupe d'essai 2.

Les faibles différences de paramètres des deux groupes entre les dates de prélèvement (surtout pour l'excrétion K) peuvent principalement s'expliquer par le changement d'ensilage d'herbe après le premier examen métabolique.

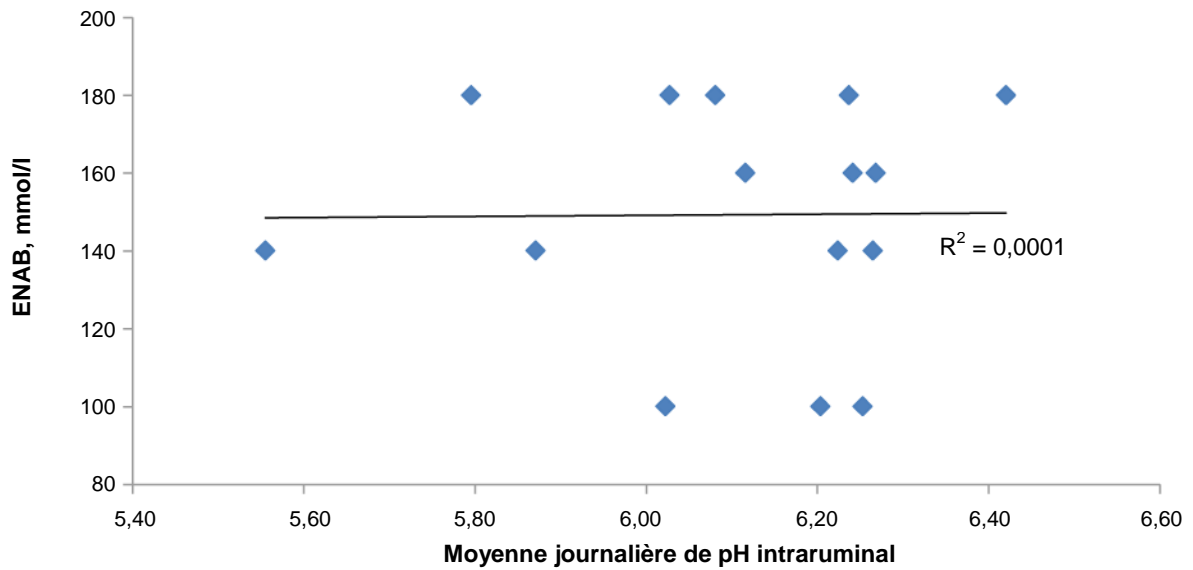
Le fait le plus marquant, et contrairement aux attentes, les valeurs de pH des urines déterminées ont été supérieures à la norme physiologique et tendent en soi à indiquer plutôt une alcalose, mais ne laissent en aucun cas supposer une acidose, même en combinaison avec les paramètres d'ENAB et d'excrétion de Ca et P. Les valeurs de pH intraruminal basses disent le contraire. Même l'augmentation de l'ENAB entre le premier et le second prélèvement, surtout dans le groupe d'essai 1, est proportionnellement opposée à la baisse de la valeur de pH intraruminal.

En considérant les quelques données existantes, il n'est pas possible d'établir un rapport entre les paramètres d'ENAB, de valeur de pH urinaire et de valeur de pH intraruminal (graphiques 15-17).

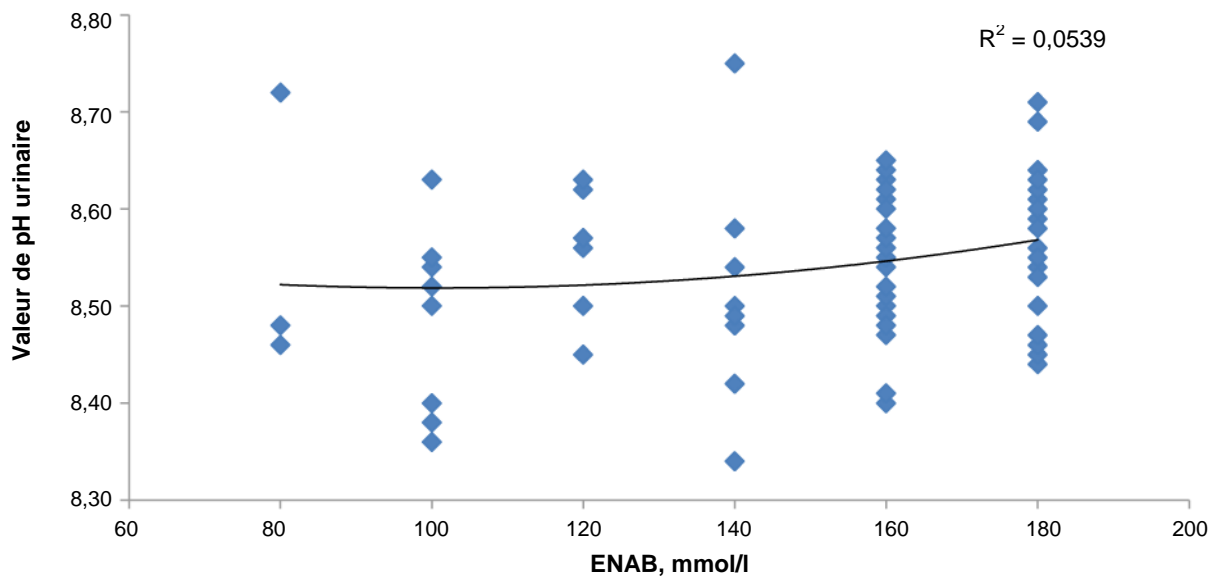
Graphique 15 : Relation entre valeur de pH urinaire et intraruminal



Graphique 16 : Relation entre ENAB et pH intraruminal



Graphique 17 : Relation entre ENAB et pH urinaire

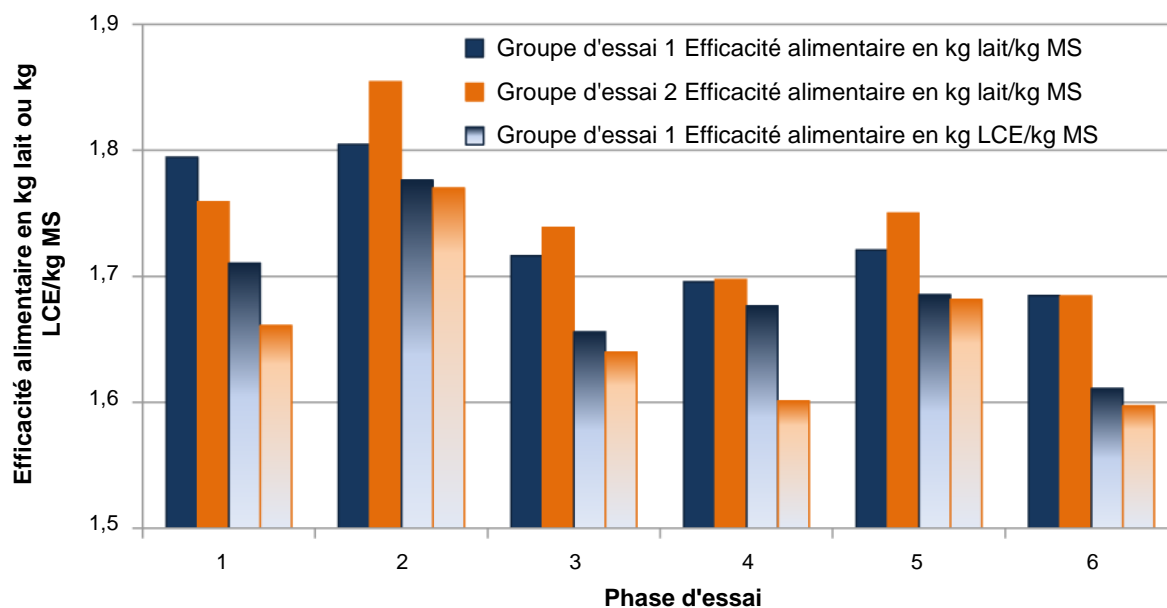


3.8. Efficacité de l'alimentation

Les documentations stipulent les valeurs indicatives suivantes pour l'efficacité de l'alimentation : 1,3-1,6 kg de lait par kilogramme de masse sèche au début de la lactation (jusqu'au 21ème jour de lactation), 1,5-1,7 pour les génisses et 1,6-1,8 pour les vaches jusqu'au 90ème jour de lactation, 1,2-1,4 pour les génisses 1,3-1,5 pour les vaches en fin de lactation (à partir du 200ème jour de lactation) et 1,4-1,5 kg lait/kg MS pour l'ensemble du troupeau avec en moyenne 150 à 225 jours de lactation.

Tout au long de l'essai, l'efficacité de l'alimentation des deux groupes a été presque identique et très élevée avec $\geq 1,7$ kg lait/kg MS d'aliments ou $\geq 1,6$ kg LCE/kg MS d'aliments (graphique 18).

Graphique 18 : Efficacité alimentaire lors de l'essai



Le fait que cette forte efficacité alimentaire n'a pas été au détriment du poids et de la condition physique des animaux se voit au fait qu'ils ont présenté une augmentation presque continue de poids et de condition physique de la première à la dernière phase (graphique 6).

3.9. Maladies/traitements/incidents divers

3.9.1. Examen des sabots

72 jours après le début de l'essai, le 23.07.2013, a été réalisé un examen professionnel des sabots de toutes les vaches de l'essai afin d'en évaluer la santé (pattes antérieures et postérieures de toutes les vaches). Si on considère le paramètre ciblé comme étant un sabot de couleur ivoire, sans variation de couleur rose saumon ou même rougeâtre, quasiment aucun animal n'avait de sabot en parfait état. Presque toutes les vaches ont tendu à montrer une très légère fourbure sur les sabots extérieurs arrière plus fortement sollicités (rose saumon). Aucune différence entre les deux groupes d'animaux n'a été notable.

En tout 76 cas ont été recensés pour les bêtes du groupe 1 et 59 pour le groupe 2 (tableau 35). La plupart des résultats implique la maladie de Mortellaro. Bien que ces animaux n'aient pas montré de signes de boiterie ou de nette maladie des sabots, cela signifie que seulement 47 % (groupe d'essai 1) et 59 % (groupe d'essai 2) de tous les sabots étaient vraiment sans défaut.

Tableau 35 : Évaluation des résultats des sabots dans le cadre d'un soin professionnel des sabots le 23.07.2013

Diagnostic/Résultat	Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2
	Nombre de diagnostics par sabot individuel (1 animal = 4 sabots)	
Point de pression	19	5
Mortellaro, érosion du talon	35	29
Ulcère de la sole	1	0
Limax	10	6
Double sole	1	0
Défauts sur la ligne blanche	4	6
Fourbure des sabots	6	13
Total de défauts des sabots	76	59
Nombre de sabots examinés	144	144
Part de sabots avec défaut, %	53	41

Contrairement aux attentes, les animaux recevant une alimentation plus énergétique des vaches du groupe 2 n'ont pas présenté de sabots moins sains que ceux du groupe 1.

3.9.2. Autres maladies et/ou traitements

Globalement, 24 traitements (groupe 1) et 12 traitements (groupe 2) ont été réalisés au cours de l'essai (tableau 36).

Tableau 36 : Nombre de maladies/traitements

Maladies/Diagnostics au niveau	Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2
des sabots	4	3
de la mamelle	2	0
de la fécondité	16	6
du métabolisme	2	3
Total	24	12

Tout au long de l'essai, les selles ont été moins épaisses pour le groupe 2 que pour le groupe 1 et les vaches du groupe 2 ont donc été plus sales. Pour 30 % des bêtes du groupe 2, la saleté a même touché les pis.

4. Résumé

L'alimentation des vaches laitières à haut rendement avec des rations riches en énergie et en nutriments, mais toutefois suffisamment riches en fibres pour permettre l'activité de rumination nécessaire, pose d'une certaine manière une question d'équilibre entre les deux problèmes de santé possibles, une cétose d'un côté et une acidose de l'autre.

L'utilisation de Bicar®Z, un bicarbonate de sodium pur, tel qu'il est présent dans la salive des vaches, peut compenser dans une certaine mesure un manque de fibres. Dans cet essai nutritionnel, il faut donc se demander dans quelle mesure peuvent être augmentées les quantités de compléments énergétiques ou la teneur en compléments énergétiques dans la ration alimentaire destinée aux vaches laitières à haut rendement par l'adjonction de Bicar®Z sans modifier négativement le pH intraruminal.

L'augmentation en deux étapes des quantités de compléments alimentaires et le rapport plus serré entre fourrage grossier et concentrés énergétiques de 54:46 % et même de 50:50 % a entraîné dans différentes mesures une plus grande consommation alimentaire et une production de lait plus importante pour les vaches du groupe 2 que pour les vaches du groupe 1 recevant une ration avec un rapport fourrage grossier/concentrés de 60:40 %. Cela s'est accompagné d'une teneur en matière grasse du lait plus faible. La teneur en protéine du lait n'a pas montré autant de dépendances à la composition de la ration que la teneur en matière grasse.

En raison de l'apport énergétique et nutritif plus élevé des vaches du groupe 2, ces bêtes ont montré un bilan énergétique quelque peu plus élevé que celles du groupe 1 sur toute la durée de l'essai. Cela s'est remarqué également à la condition physique légèrement plus résistante de ces vaches du groupe 2.

Les mesures de pH intraruminal réalisées en continu sur 50 jours ont démontré une valeur de pH également faible avec 6,1 et 6,2 dans le groupe 1 et 6,0 et 6,1 dans le groupe 2. Pour les animaux du groupe 2 qui reçoivent une alimentation plus énergétique, cette valeur a presque toujours été de 0,1 inférieure à celle de leurs homologues du groupe 1, de sorte que cette différence n'a pas été consolidée statistiquement. Cela s'accompagne pour les vaches du groupe 2 d'une proportion toujours plus élevée de mesures < 5,8 et < 5,5.

L'augmentation de l'apport en compléments énergétiques associée à une augmentation adéquate de bicarbonate de sodium (changement de la ration 1 du groupe 2 avec un rapport fourrage grossier/concentrés de 54:46 % et 200 g de bicarbonate de sodium à la ration 2 avec un rapport fourrage grossier/concentrés de 50:50 % et 219 g de bicarbonate de sodium) n'a pas

entraîné de modification des valeurs de pH intraruminal chez ces animaux. Cela permet de conclure que la plus grande quantité de compléments alimentaires accompagnée d'une dose plus élevée de bicarbonate de sodium censée préserver le rumen semble suffisante pour compenser complètement une éventuelle chute de pH intraruminal conditionnée par une quantité plus élevée de compléments énergétiques. Il reste une faible différence avec le pH moyen des animaux du groupe 1.

Pour compenser autant que possible la différence de valeur de pH intraruminal, la quantité de bicarbonate de sodium a une nouvelle fois été augmentée à 250 puis 300 g pour les vaches du groupe 2. Cela n'a pas provoqué de hausse du pH intraruminal.

Avec cette ration très énergétique et moins riche en fibres d'un rapport fourrage grossier/concentrés de 50:50 %, les différentes doses de bicarbonate de sodium (219 à 300 g/animal et par jour) n'ont pas modifié la valeur de pH intraruminal. Malgré la valeur de pH intraruminal globalement moins élevée, il reste à se demander si les animaux ont vraiment connu une acidose du rumen.

Les valeurs d'ENAB, pH urinaire, teneurs en Ca et P des urines habituellement utilisées pour observer l'équilibre acido-basique n'ont pas démontré de charge acidotique dans les deux groupes, qui aurait pu s'expliquer par les teneurs en DCAB élevées des rations. Des valeurs de DCAB élevées, principalement dues à des teneurs élevées en K et Na dans la ration, n'indiquent pas d'excédent important des rations, qui à son tour entraîne une forte excrétion nette acide-basique (ENAB).

Les valeurs de pH urinaire très élevées et non physiologiques et les fortes valeurs d'ENAB sont confrontées à des valeurs de pH intraruminal et, surtout dans le groupe 2, aussi à des teneurs en matière grasse du lait très faibles. Il n'y a pas de relations entre ces valeurs, ce que conforte la supposition précédente selon laquelle il est impossible de conclure à une possible acidose du rumen au moyen de ces paramètres.

Enfin, la distribution d'une ration alimentaire toujours plus énergétique avec un rapport fourrage grossier/concentrés énergétiques serré combiné à du bicarbonate de sodium n'a eu d'effet négatif ni sur la santé des sabots, ni sur le nombre de traitements médicaux.

5. Bibliographie

Fürll, M. ; 2002 : Stoffwechselstörungen bei Wiederkäuern: Erkennen-Behandeln-Vorbeugen; Leipzig 2002 (Problèmes métaboliques lors de la rumination : les reconnaître, les traiter, les prévenir), ISBN : 3-00-009263-3, p. 43

Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Société allemande de physiologie alimentaire) ; 2001 : Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder (Recommandations relatives aux apports énergétiques et nutritionnels des vaches laitières et des génisses d'élevage), 2001 ; Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (Comité de besoins nutritifs de la Société allemande de physiologie alimentaire)

Oetzel, G.R. ; 2007 : Subacute ruminal acidosis in dairy herds: physiology, pathophysiology, milk fat responses and nutritional management (Acidose ruminale subaiguë des vaches laitières : physiologie, pathophysiology, effets sur la matière grasse du lait et gestion par la nutrition) American Association of Bovine Practitioners, 40th Annual Conf. (Association américaine des professionnels de l'élevage bovin, 40e conférence annuelle) Sept. 2007, Vancouver, Canada

Rutzmoser, K., T. Etle, A. Obermaier, H. Schuster ; 2011 : Ein Strukturindex als Fortführung zur Beschreibung der Strukturwirkung mit der physikalisch effektiven NDF (Indice structurel en complément de la description des effets structurels avec les NDF physiques effectifs) Dans : Tagungsband 10. BOKU-Symposium Tierernährung, 231-236 (Compte rendu 10e Symposium de BOLU Alimentation animale, 231-236)

Steingäß, H. et Q. Zebeli ; 2008 : Strukturbewertung von Rationen für Milchkühe (Évaluation structurelle des rations destinées aux vaches laitières) 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 9.-10. (Compte rendu sur l'élevage, 9-10) avril 2008, p. 19-25.

6. Annexe

Tableau A1 : Quantité apportée de bicarbonate de sodium

Date	Heure de distribution	Gr.E 2, nombre de vaches	Quantité d'apport en BiNa, kg	Quantité d'apport en BiNa, g/vache et repas	Quantité d'apport en BiNa, g/vache et jour	Quantité de BiNa théorique : g/vache et jour
30.05.2013	soir	40	4,00	100	200	200
31.05.2013	matin	36	3,60	100		
	soir	36	3,60	100		
01.06.2013	matin	40	4,00	100		
	soir	40	4,00	100		
02.06.2013	matin	38	3,80	100		
	soir	36	3,60	100		
03.06.2013	matin	40	4,00	100		
	soir	42	4,20	100		
04.06.2013	matin	44	4,82	110		
	soir	42	4,60	110		
05.06.2013	matin	38	4,16	109		
	soir	36	3,94	109		
06.06.2013	matin	38	4,16	109		
	soir	36	3,94	109		
07.06.2013	matin	36	3,94	109		
	soir	38	4,16	109		
08.06.2013	matin	40	4,38	110		
	soir	40	4,38	110		
09.06.2013	matin	42	4,60	110		
	soir	42	4,60	110		
10.06.2013	matin	40	4,38	110		
	soir	40	4,38	110		
11.06.2013	matin	37	4,05	109		
	soir	36	3,94	109		
12.06.2013	matin	32	3,50	109		
	soir	32	3,50	109		
13.06.2013	matin	32	3,50	109		
	soir	36	3,95	110		
14.06.2013	matin	36	4,50	125	250	250
	soir	38	4,75	125		
15.06.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	38	4,75	125		
16.06.2013	matin	38	4,75	125		
	soir	38	4,75	125		
17.06.2013	matin	38	4,75	125		
	soir	40	5,00	125		
18.06.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	44	5,50	125		
19.06.2013	matin	46	5,75	125		
	soir	46	5,75	125		

20.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	40	5,00	125		
21.06.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	44	5,50	125		
22.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	42	5,25	125		
23.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	40	5,00	125		
24.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	44	5,50	125		
25.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	42	5,25	125		
26.06.2013	matin	38	4,75	125		
	soir	38	4,75	125		
27.06.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	42	5,25	125		
28.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	44	5,50	125		
29.06.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	42	5,25	125		
30.06.2013	matin	42	5,25	125		
	soir	40	5,00	125		
01.07.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	40	5,00	125		
02.07.2013	matin	42	5,25	125		
	soir	46	5,75	125		
03.07.2013	matin	46	5,75	125		
	soir	42	5,25	125		
04.07.2013	matin	36	4,50	125		
	soir	36	4,50	125		
05.07.2013	matin	38	4,75	125		
	soir	42	5,25	125		
06.07.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	46	5,75	125		
07.07.2013	matin	46	5,75	125		
	soir	40	5,00	125		
08.07.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	42	5,25	125		
09.07.2013	matin	42	6,30	150		
	soir	42	6,30	150		
10.07.2013	matin	44	6,60	150		
	soir	46	6,50	141		
11.07.2013	matin	42	6,30	150		
	soir	40	6,00	150		
12.07.2013	matin	38	5,70	150		
	soir	38	5,70	150		
13.07.2013	matin	40	6,00	150		
	soir	40	6,00	150		

14.07.2013	matin	40	6,00	150	297	300
	soir	42	6,30	150		
15.07.2013	matin	44	6,60	150		
	soir	46	6,90	150		
16.07.2013	matin	44	6,60	150		
	soir	40	6,00	150		
17.07.2013	matin	40	6,00	150		
	soir	40	6,00	150		
18.07.2013	matin	42	6,30	150		
	soir	46	6,30	137		
19.07.2013	matin	42	6,30	150		
	soir	44	6,60	150		
20.07.2013	matin	44	6,60	150		
	soir	40	6,00	150		
21.07.2013	matin	36	5,10	142		
	soir	34	4,80	141		
22.07.2013	matin	36	5,10	142		
	soir	38	5,70	150		
23.07.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	40	5,00	125		
24.07.2013	matin	34	4,25	125		
	soir	34	4,25	125		
25.07.2013	matin	36	4,50	125		
	soir	38	4,75	125		
26.07.2013	matin	40	5,00	125		
	soir	42	5,25	125		
27.07.2013	matin	44	5,50	125		
	soir	40	5,00	125		
28.07.2013	matin	36	4,50	125	249	250
	soir	36	4,50	125		
29.07.2013	matin	38	4,75	125		
	soir	36	4,50	125		
30.07.2013	matin	38	4,75	125		
	soir	40	5,00	125		
31.07.2013	matin	42	5,25	125		
	soir	34	4,25	125		
01.08.2013	matin	34	4,25	125		
	soir	36	4,50	125		
02.08.2013	matin	36	4,50	125		
	soir	36	4,50	125		
03.08.2013	matin	36	4,50	125		
	soir	34	4,25	125		
04.08.2013	matin	38	4,25	112		
	soir	40	5,00	125		
05.08.2013	matin	42	5,25	125		
	soir	38	4,75	125		
06.08.2013	matin	34	4,25	125		
	soir	36	4,50	125		

07.08.2013	matin	44	3,30	75		
	soir	42	3,15	75		
08.08.2013	matin	38	2,85	75		
	soir	38	2,85	75		
09.08.2013	matin	40	3,00	75		
	soir	36	2,70	75		
10.08.2013	matin	36	2,70	75		
	soir	34	2,55	75		
11.08.2013	matin	30	2,25	75		
	soir	38	2,85	75		
12.08.2013	matin	40	3,00	75	150	150
	soir	36	2,70	75		
13.08.2013	matin	36	2,70	75		
	soir	36	2,70	75		
14.08.2013	matin	38	2,85	75		
	soir	36	2,70	75		
15.08.2013	matin	36	2,70	75		
	soir	36	2,70	75		
16.08.2013	matin	36	2,70	75		
	soir	36	2,70	75		
17.08.2013	matin	38	2,85	75		
	soir	36	2,70	75		
18.08.2013	matin	36	2,70	75		
	soir	36	2,70	75		
19.08.2013	matin	36	2,70	75		
	soir	36	2,70	75		
20.08.2013	matin	34	2,35	69		
	soir	34	2,55	75		

Tableau A2 : Poids et condition physique au cours des phases de l'essai

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2
Phase d'essai 1		
Poids (kg/bête et jour)		
LSM	651	654
Erreur standard	11,5	
Valeur P	0,7545	
Condition physique (note de BCS)		
LSM	2,94	2,94
Erreur standard	0,075	
Valeur P	0,9294	

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2
Phase d'essai 2		
Poids (kg/bête et jour)		
LSM	655	661
Erreur standard	11,9	
Valeur P	0,6009	
Condition physique (note de BCS)		
LSM	2,98	2,95
Erreur standard	0,081	
Valeur P	0,7573	
Phase d'essai 3		
Poids (kg/bête et jour)		
LSM	659	665
Erreur standard	11,3	
Valeur P	0,6061	
Condition physique (note de BCS)		
LSM	2,97	3,00
Erreur standard	0,081	
Valeur P	0,7066	
Phase d'essai 4		
Poids (kg/bête et jour)		
LSM	668	674
Erreur standard	11,6	
Valeur P	0,5688	
Condition physique (note de BCS)		
LSM	3,04	3,16
Erreur standard	0,076	
Valeur P	0,1093	
Phase d'essai 5		
Poids (kg/bête et jour)		
LSM	662	671
Erreur standard	11,2	
Valeur P	0,4407	
Condition physique (note de BCS)		
LSM	3,06	3,15
Erreur standard	0,070	
Valeur P	0,2172	

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2
Phase d'essai 6		
Poids (kg/bête et jour)		
LSM	677	682
Erreur standard	12,1	
Valeur P	0,6906	
Condition physique (note de BCS)		
LSM	3,13	3,19
Erreur standard	0,070	
Valeur P	0,4527	

Tableau A3 : Valeurs de pH intraruminal lors des phases d'essai

Critère	Variante	
	Groupe d'essai 1	Groupe d'essai 2
Phase d'essai 1		
LSM	6,17	6,13
Erreur standard	0,088	
Valeur P	0,6674	
Phase d'essai 2		
LSM	6,18	6,08
Erreur standard	0,094	
Valeur P	0,3007	
Phase d'essai 3		
LSM	6,12	6,08
Erreur standard	0,084	
Valeur P	0,5994	
Phase d'essai 4		
LSM	6,03	5,95
Erreur standard	0,093	
Valeur P	0,3787	

Tableau A4 : Moyennes de pH intraruminal et proportions de valeurs < 5,5 et 5,8 dans les phases d'essai

Bolus	Animal	Gr.E	Période	Données moyennes	g		Moyenne du groupe d'essai		
					journalières avec		Moyenne de pH	% avec pH < 5,5	% avec pH < 5,8
pH	pH < 5,5	pH < 5,8							
1	67	1	21.5.-3.6.2013	6,27	1	3	6,17	0	5
2	90	1	21.5.-3.6.2013	6,31	0	1			
3	110	1	21.5.-3.6.2013	6,00	1	19			
4	122	1	21.5.-3.6.2013	6,27	0	1			
5	148	1	21.5.-3.6.2013	6,14	0	2			
6	214	1	21.5.-3.6.2013	6,13	0	4			
7	263	1	21.5.-3.6.2013	6,05	0	10			
8	308	1	21.5.-3.6.2013	6,23	0	0			
9	332	1	21.5.-3.6.2013	6,10	0	4			
10	887	1	21.5.-3.6.2013	6,24	0	1			
11	72	2	21.5.-3.6.2013	6,14	0	7	6,09	4	18
12	85	2	21.5.-3.6.2013	6,02	0	6			
13	107	2	21.5.-3.6.2013	6,21	0	2			
14	182	2	21.5.-3.6.2013	6,42	0	0			
15	199	2	21.5.-3.6.2013	5,62	30	78			
16	201	2	21.5.-3.6.2013	6,28	1	5			
17	271	2	21.5.-3.6.2013	6,35	0	1			
18	331	2	21.5.-3.6.2013	5,89	6	38			
19	333	2	21.5.-3.6.2013	5,83	4	46			
20	897	2	21.5.-3.6.2013	6,14	0	1			
1	67	1	4.-13.6.2013	6,30	0	1	6,18	0	4
2	90	1	4.-13.6.2013	6,33	0	1			
3	110	1	4.-13.6.2013	5,99	2	21			
4	122	1	4.-13.6.2013	6,24	0	1			
5	148	1	4.-13.6.2013	6,11	0	5			
6	214	1	4.-13.6.2013	6,15	0	0			
7	263	1	4.-13.6.2013	6,07	0	4			
8	308	1	4.-13.6.2013	6,25	0	1			
9	332	1	4.-13.6.2013	6,12	1	6			
10	887	1	4.-13.6.2013	6,24	0	0			
11	72	2	4.-13.6.2013	6,14	0	10	6,08	4	18
12	85	2	4.-13.6.2013	6,01	4	9			
13	107	2	4.-13.6.2013	6,16	0	1			
14	182	2	4.-13.6.2013	6,42	0	0			
15	199	2	4.-13.6.2013	5,62	25	83			
16	201	2	4.-13.6.2013	6,30	0	1			
17	271	2	4.-13.6.2013	6,29	0	2			
18	331	2	4.-13.6.2013	5,89	3	37			
19	333	2	4.-13.6.2013	5,85	5	39			
20	897	2	4.-13.6.2013	6,11	0	1			

Bolus	Animal	Gr.E	Période	Données moyennes	g		Moyenne du groupe d'essai		
					journalières avec		Moyenne de pH	% avec pH < 5,5	% avec pH < 5,8
					pH	pH < 5,5			
1	67	1	14.6.-08.7.2013	6,29	0	1	6,13	1	8
2	90	1	14.6.-08.7.2013	6,32	0	1			
3	110	1	14.6.-08.7.2013	6,00	0	19			
4	122	1	14.6.-08.7.2013	6,04	0	16			
5	148	1	14.6.-08.7.2013	5,95	4	25			
6	214	1	14.6.-08.7.2013	6,14	0	2			
7	263	1	14.6.-08.7.2013	6,08	0	5			
8	308	1	14.6.-08.7.2013	6,24	0	1			
9	332	1	14.6.-08.7.2013	6,11	0	7			
10	887	1	14.6.-08.7.2013	6,10	0	6			
11	72	2	14.6.-08.7.2013	6,13	1	11	6,08	4	18
12	85	2	14.6.-08.7.2013	6,02	0	9			
13	107	2	14.6.-08.7.2013	6,03	0	12			
14	182	2	14.6.-08.7.2013	6,42	0	0			
15	199	2	14.6.-08.7.2013	5,63	29	79			
16	201	2	14.6.-08.7.2013	6,30	0	0			
17	271	2	14.6.-08.7.2013	6,23	0	5			
18	331	2	14.6.-08.7.2013	5,89	3	36			
19	333	2	14.6.-08.7.2013	5,97	4	27			
20	897	2	14.6.-08.7.2013	6,16	0	5			
1	67	1	09.7.-10.7.2013	6,28	0	1	6,09	1	12
2	90	1	09.7.-10.7.2013	6,34	0	0			
3	110	1	09.7.-10.7.2013	5,98	0	24			
4	122	1	09.7.-10.7.2013	5,87	5	39			
5	148	1	09.7.-10.7.2013	5,87	7	27			
6	214	1	09.7.-10.7.2013	6,02	0	9			
7	263	1	09.7.-10.7.2013	6,23	0	3			
8	308	1	09.7.-10.7.2013	6,25	0	0			
9	332	1	09.7.-10.7.2013	6,10	0	3			
10	887	1	09.7.-10.7.2013	6,01	1	16			
11	72	2	09.7.-10.7.2013	6,13	2	12	6,01	3	24
12	85	2	09.7.-10.7.2013	6,01	0	6			
13	107	2	09.7.-10.7.2013	5,91	0	18			
14	182	2	09.7.-10.7.2013	6,42	0	0			
15	199	2	09.7.-10.7.2013	5,64	23	78			
16	201	2	09.7.-10.7.2013	6,28	0	0			
17	271	2	09.7.-10.7.2013	6,02	0	20			
18	331	2	09.7.-10.7.2013	5,88	0	38			
19	333	2	09.7.-10.7.2013	5,80	3	51			
20	897	2	09.7.-10.7.2013	6,05	0	13			