

Analyse quantitative des réponses des vaches laitières à l'apport de substances tampon

L'acidose de la panse est un des problèmes digestifs et nutritionnels majeurs rencontré chez les ruminants à niveau élevé de production laitière ou de croissance. Ce phénomène est principalement engendré par l'enrichissement de la ration en aliments concentrés dans le but de fournir à l'animal l'énergie nécessaire permettant d'assurer la couverture de ses besoins élevés. Les principaux mécanismes impliqués dans l'acidose, ainsi que ses facteurs de variation, sont assez bien connus. Ils ont été passés en revue par Sauvant *et al* (1999). L'acidose est liée à une accumulation d'acides gras volatils dans le rumen, leur production n'étant pas suffisamment compensée par leur absorption et, surtout, par le recyclage des substances tampon salivaires (principalement bicarbonates et phosphates) du fait d'une activité masticatoire insuffisante. Dans

ce contexte, il est possible d'apporter des substances tampon (ST) dans le régime alimentaire pour favoriser la neutralisation du contenu de la panse et maintenir le pH du rumen dans des zones proches de la neutralité, favorables à l'activité des micro-organismes.

Cet article fait une synthèse quantitative des données expérimentales, obtenues chez la vache laitière, sur l'influence de l'apport alimentaire de substances tampon sur les fermentations ruminales ainsi que sur les réponses zootechniques et de quelques paramètres métaboliques explicatifs. Des équivalences sont également recherchées entre l'addition de ST et certains paramètres classiques de la fibrosité des régimes alimentaires.

Résumé

L'acidose du rumen est un désordre digestif et nutritionnel fréquent chez les ruminants à haut niveau de production, principalement chez les vaches laitières alimentées avec des rations trop riches en aliments concentrés. L'incorporation de substances tampon (ST) dans des rations « acidogènes » est envisageable pour en limiter les effets néfastes. L'analyse des données expérimentales sur l'apport de ST, regroupant 40 publications, 86 comparaisons et 178 traitements, permet de dégager des lois générales des réponses ruminales, métaboliques et de production des vaches laitières à l'apport alimentaire de ST. L'incorporation de ST, évaluée par point de pourcentage (par %) de la matière sèche de la ration, se traduit par une augmentation significative de l'ingestion (+ 0,51 kg MS/jour), de la production laitière (+0,52 kg/jour) et du taux butyreux(+1,5 g de taux butyreux/kg de lait). L'addition de ST augmente significativement le pH (0,07 point par % de ST). La concentration totale des acides gras volatils n'est pas affectée par l'ajout de ST, mais la proportion molaire de propionate diminue significativement alors que celles de l'acétate et du butyrate augmentent. En conséquence le rapport acétate/propionate augmente significativement. Il faut souligner que les réponses de tous ces paramètres dépendent fortement de leur valeur initiale : l'apport de ST est nettement plus efficace en situation de subacidose. Le pH sanguin tend à augmenter, la concentration sanguine de bicarbonate et le pH urinaire augmentent significativement avec l'addition de ST. Ces observations incitent à développer des travaux sur les relations entre ces indicateurs métaboliques de l'équilibre acido-basique et le statut acidotique du rumen et à ne plus considérer ce dernier isolément.

1 / Méthode

Nous avons regroupé un ensemble de 40 publications représentant 86 comparaisons expérimentales et 178 traitements. Les substances tampon utilisées ont été NaHCO₃ (n = 42), Na₂CO₃ (n = 11), MgO (n = 8) - bien qu'il ne s'agisse pas d'une substance tampon au strict sens chimique, dans la pratique, la magnésie calcinée est utilisée à des fins anti-acides - KHCO₃ (n = 5), mélanges (NaHCO₃ et MgO, n = 10) et mélanges commerciaux bien définis (n = 10). Pour rester en cohérence avec les pratiques zootechniques usuelles, nous n'avons pas retenu les quelques études dans lesquelles le niveau d'incorporation de la substance tampon dans la ration était supérieur à 2,5 % de la matière sèche ingérée. Pour la même raison, nous avons écarté les travaux dans lesquels la substance tampon était directement introduite dans le rumen.

Le tableau de données ainsi constitué peut être considéré comme un « méta-dispositif » expérimental non équilibré et peu orthogonal. En conséquence, il importe d'appliquer des

techniques et des démarches spécifiques pour l'analyse des données. En particulier, il convient de privilégier les études univariates ainsi que les relations entre variables prises deux à deux. Enfin, comme les variations entre les résultats des expérimentations sont très importantes, le modèle statistique utilisé a été une analyse de variance-covariance permettant de séparer les effets inter-expériences et d'isoler l'effet intra-expérience de l'apport de tampon qui est considéré en covariable. En outre, des systèmes de pondération des résultats de chaque lot ont été testés. Ces pondérations sont liées au nombre d'individus ou bien à la variabilité associée à la caractéristique considérée ; elles ont peu d'influence sur les résultats. Les résultats sont présentés intra-expériences, les équations correspondantes sont accompagnées du nombre d'observations (n), du nombre de groupes expérimentaux (n_{exp}), du coefficient de corrélation (r) et de l'écart type résiduel (etr). En outre, pour pouvoir disposer de repères pratiques simples, nous avons également calculé les relations entre les réponses (données du groupe expérimental – données du groupe témoin correspondant) et l'apport de ST.

2 / Résultats

Sur l'ensemble de la base de données, aucun effet significatif de la nature des substances tampon ajoutées sur les variables étudiées n'ayant été observé, nous considérons un effet unique de ST.

2.1 / Valeurs des caractéristiques considérées

Le tableau 1 présente les valeurs moyennes ainsi que les minima, maxima et écarts types des caractéristiques retenues pour l'analyse. Il convient de remarquer que leurs plages de variation sont élevées et qu'il s'agit en général d'essais effectués avec des animaux d'un bon niveau de production recevant des rations avec des proportions d'aliments concentrés élevées. La figure 1 présente les valeurs d'incorporation de ST dans la ration et les

Figure 1. Valeurs d'incorporation des substances tampons dans les rations expérimentales.

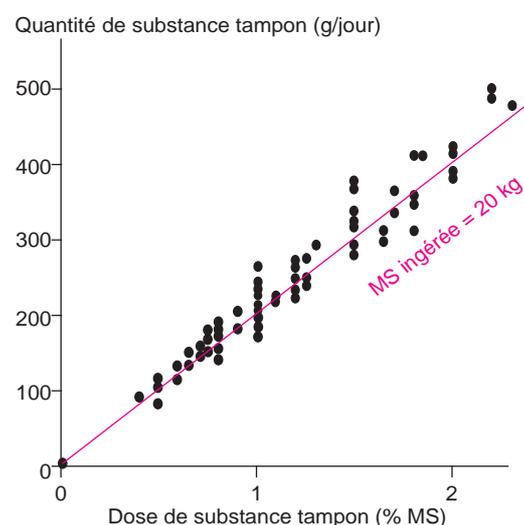


Tableau 1. Principales caractéristiques de la base de données.

Données	n	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Caractéristiques des rations					
MAT (%)	142	17,20	1,52	14,40	22,40
NDF (%)	117	33,42	7,73	22,30	52,20
ADF (%)	160	17,72	5,04	9,90	32,70
Concentré (%)	178	52,71	13,68	9,00	75,00
Variables zootechniques					
Matière sèche ingérée (kg/j)	178	19,90	2,10	15,00	26,00
Production laitière (kg/j)	178	29,17	4,85	18,00	41,00
Taux butyreux (%)	176	3,34	0,46	2,37	4,50
Taux protéique (%)	150	3,20	0,20	2,40	3,70
Variables rumen					
pH	98	6,33	0,36	5,61	7,00
AGV totaux (mM/l)	88	93,80	31,30	43,60	138,80
Acétate (%)	112	57,18	6,69	40,60	75,05
Propionate (%)	112	26,14	5,78	13,98	38,90
Butyrate (%)	103	12,27	3,60	6,12	27,80
Acétate/propionate	118	2,30	0,75	1,24	5,35
Volume (l)	17	49,31	9,21	35,10	66,40
Variables digestibilité					
Matière sèche (%)	62	69,87	3,83	62,10	77,30
NDF (%)	47	50,78	11,72	33,00	76,60
ADF (%)	45	44,98	10,92	22,65	74,00
Variables métaboliques					
pH sang	43	7,43	0,04	7,38	7,50
NaHCO ₃ (mEq/l)	37	27,85	1,90	24,40	31,80
pH urine	33	7,97	0,24	7,49	8,40

niveaux d'ingestion quotidiens. Cette figure permet de constater la large ampleur des variations du niveau de ce facteur expérimental. L'analyse spécifique des différentes réponses précise les mécanismes d'action des ST. Le tableau 2, évoqué par la suite, indique la signification statistique de ces réponses.

2.2 / Effet sur la matière sèche ingérée (MSI)

L'addition de ST accroît significativement l'ingestion (tableau 2). La figure 2 illustre la variabilité de cette réponse intra-expérience (RepMSI), qui est en moyenne de 0,51 kg de MSI par point de pourcentage (%) de ST incorporé ($P < 0,001$). Parmi les facteurs susceptibles d'interagir avec cette réponse, le principal est le niveau d'ingestion observé sans addition de ST, servant de témoin (MSIt) :

$$\text{RepMSI kg} = -0,20 \text{ MSIt kg} + 4,48$$

($n = 91$, $r = -0,39$, $\text{etr} = 0,97$).

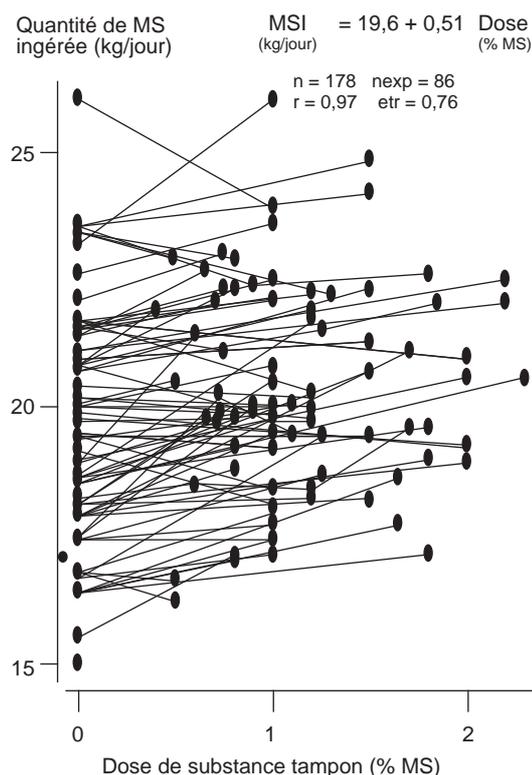
La réponse de l'ingestion est donc moins marquée pour les rations pour lesquelles MSIt est élevée. Parmi les réponses des autres variables étudiées, seule la réponse du volume du rumen est significativement et positivement corrélée à RepMSI ($n = 9$, $r = 0,88$, $P = 0,002$), cependant le nombre d'observations est faible. Les caractéristiques de composition des rations (MAT, NDF, ADF et proportion de concentré) n'interfèrent pas avec la réponse de l'ingestion à l'addition de ST. Le modèle global de réponse suivant peut être retenu pour l'ingestion :

$$\text{RepMSI kg} = -0,20 \text{ MSIt kg} + 0,24 \text{ DOSE \% MS} + 4,20$$

($n = 91$, $r = 0,40$, $\text{etr} = 0,97$).

Ce modèle souligne le rôle de la dose d'apport de ST à l'intérieur des données considérées, soit approximativement de 0,5 à 2,5 % de la MS.

Figure 2. Effet de l'incorporation de substances tampon sur la quantité de matière sèche ingérée (MSI).



L'apport de substance tampon accroît l'ingestion, d'autant plus que celle-ci est faible au départ.

Tableau 2. Réponses globales des paramètres étudiés à l'addition de substances tampon.

Réponses	n	Moyenne	Ecart type	Etr	t	P
Lait brut (kg/jour)	91	0,52	1,49	0,16	3,34	< 0,001
Taux butyreux (g/l)	90	1,90	2,7	0,30	6,68	< 0,001
Matière grasse (g/jour)	90	71,00	94,02	9,91	7,16	< 0,001
Lait standard (4 % TB) (kg/jour)	90	1,26	1,80	0,19	6,64	< 0,001
Taux protéique (g/l)	90	0,00	0,07	0,01	-0,38	0,70
Protéines (g/jour)	90	11,10	41,96	4,42	2,50	0,014
Matière sèche ingérée (kg/jour)	91	0,63	1,05	0,11	5,66	< 0,001
pH rumen	49	0,12	0,19	0,03	4,42	< 0,001
Acides gras volatils totaux (mM/l)	45	-1,37	9,08	1,35	-1,01	0,32
Acétate (%)	57	1,42	3,91	0,52	2,74	0,008
Propionate (%)	57	-2,09	3,77	0,50	-4,19	< 0,001
Butyrate (%)	52	0,66	1,76	0,24	2,70	0,009
Acétate/propionate	60	0,19	0,39	0,05	3,85	< 0,001
Azote ammoniacal (mg/l)	12	3,32	23,95	6,91	0,48	0,64
Volume du rumen (l)	9	-2,14	3,99	1,33	-1,61	0,15
Digestibilité MS (%)	31	0,53	2,12	0,38	1,39	0,17
Digestibilité NDF (%)	24	1,80	3,43	0,70	2,56	0,017
Digestibilité ADF (%)	23	3,62	4,80	1,00	3,62	0,002
pH sang	22	0,004	0,011	0,002	1,68	0,11
P CO ₂ sang (mm Hg)	22	0,44	1,82	0,39	1,12	0,27
P O ₂ sang (mm Hg)	8	-1,29	2,11	0,74	-1,72	0,13
Bicarbonates sang (mEq/l)	19	0,61	1,04	0,23	2,55	0,02
Réserve alcaline (mEq/l)	13	0,18	0,74	0,20	0,87	0,40
pH urine	17	0,28	0,16	0,04	6,99	< 0,001

2.3 / Effet sur la sécrétion lactée

La figure 3 illustre l'effet de l'addition de ST sur la production lactière brute. Celle-ci (tableau 2) s'accroît ($P < 0,001$) en moyenne de 0,52 kg par % de ST ajoutée. Cette réponse (RepPL) est positivement et significativement ($P = 0,001$) liée à celle de l'ingestion : $\text{RepPL (L)} = 0,50 \text{ RepMSI (kg)} + 0,21$ ($n = 91, r = 0,35, \text{etr} = 1,40$), mais elle est indépendante des autres variables étudiées et des caractéristiques des rations. Le modèle global de réponse pour la production lactière brute est le suivant : $\text{RepPL (L)} = 0,50 \text{ RepMSI (kg)} + 0,16 \text{ DOSE \% MS}$ ($n = 91, r = 0,35, \text{etr} = 1,40$).

La réponse du taux butyreux du lait (RepTB) à l'apport de ST est présentée à la figure 4. Elle est positive et significative : le TB s'accroît en intra expérience ($P < 0,001$) en moyenne de 1,5 g/kg par % de ST (tableau 2). Cependant, la réponse du TB dépend en partie de son niveau initial (TBt). Effectivement, comme l'illustre la figure 5, la réponse du TB est d'autant plus importante que sa valeur initiale est faible. La relation obtenue est significative ($P < 0,001$) : $\text{RepTB g/L} = -0,25 \text{ TBt g/L} + 10,1$ ($n = 90, r = 0,45, \text{etr} = 2,37$).

Elle indique que la réponse est nulle un TB égal à 40 g/kg, alors qu'elle est de 2,5 g/kg pour un TB initial de 30 g/kg.

L'addition de substance tampon à la ration augmente le taux butyreux du lait lorsqu'il est inférieur à 40 g/kg.

Figure 4. Effet de l'addition de substances tampon sur le taux butyreux (TB) du lait.

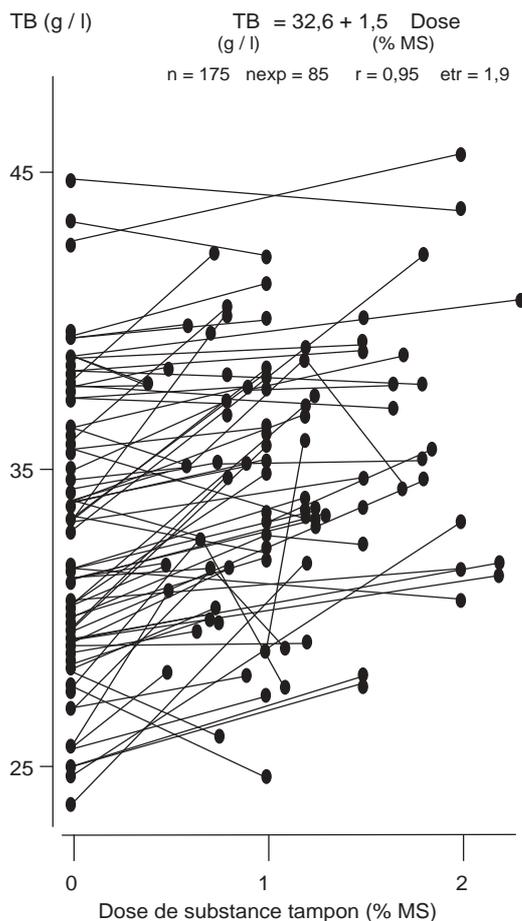


Figure 3. Effet de l'addition de substances tampon sur la production lactière.

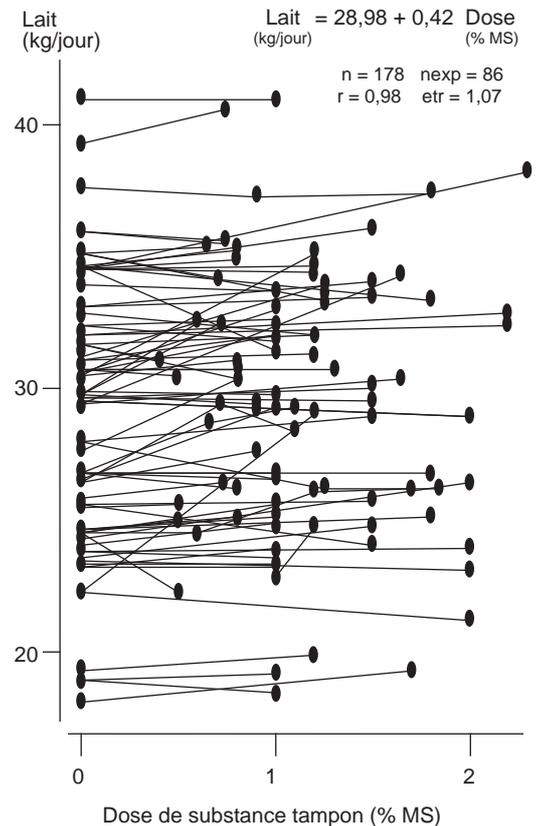
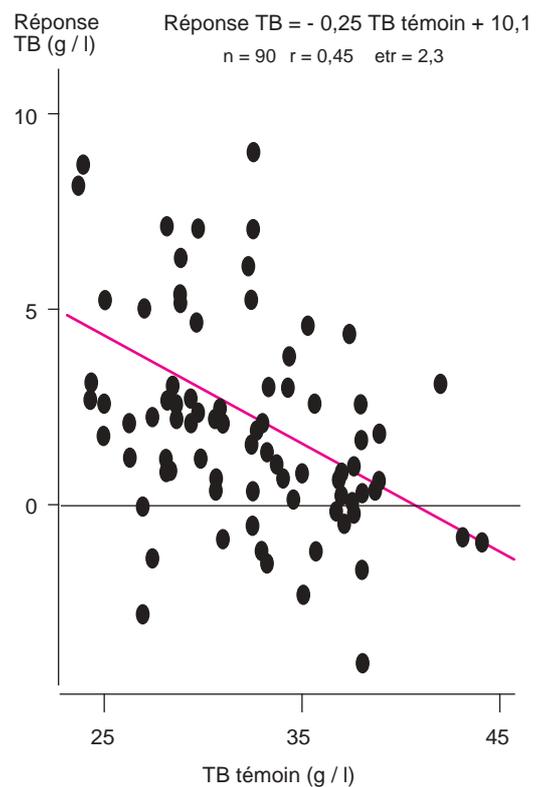


Figure 5. Relation entre la réponse du taux butyreux (TB) du lait et sa valeur initiale (TB témoin).



Sur la base de ces éléments, il est possible de faire un parallèle entre l'incorporation de ST à la ration et sa fibrosité, caractérisée par sa teneur en parois totales (NDF) et de proposer un équivalent-fibre à l'addition de substances tampon. Si l'on considère qu'à un TB initial de 30 g/kg environ, le TB s'accroît de 0,59 g/l par point de pourcentage de NDF supplémentaire de la ration (Sauvant et Mertens 2001), et de 2,14 g/kg par mm d'augmentation de taille particulaire moyenne (TPM), alors une dose de 1 % de ST correspond à une augmentation de 4,4 % de NDF de la ration et de 1,21 mm de TPM. L'équation globale de prévision de la réponse du TB à l'apport de ST est de la forme :

$$\text{RepTB (g/kg)} = 0,8 \text{ DOSE \% MS} - 0,26 \text{ TBt (g/kg)} + 9,31$$

(n = 90, r = 0,47, etr = 2,37, P < 0,001).

La fibrosité de la ration peut moduler sensiblement RepTB. Ainsi, des relations significatives existent avec la teneur en ADF des rations :

$$\text{RepTB (g/kg)} = -0,19 \text{ ADF (\%)} + 5,4$$

(n = 81, r = -0,35, etr = 2,55, P = 0,001), et avec la proportion d'aliment concentré (figure 6). Dans ce dernier cas, la réponse (P = 0,005) devient particulièrement marquée à partir de 50 % de concentrés dans la ration.

Contrairement au TB, le taux protéique (TP) du lait n'est pas significativement modifié par l'addition de substance tampon (P = 0,84, tableau 2) ; toutefois, la réponse du taux protéique (RepTP) est significativement liée à celle de l'ingestion :

$$\text{RepTP (g/kg)} = 0,27 \text{ RepMSI (kg)} - 0,2$$

(n = 90, r = 0,36, etr = 0,7, P < 0,001), ce qui révèle vraisemblablement un meilleur statut énergétique de l'animal.

2.4 / Effets sur les paramètres du rumen

Le volume du rumen tend à diminuer (- 1,561 ± 0,84 par % de ST, P = 0,10) avec l'incorporation de substance tampon, l'absence de signification statistique de cette relation peut être dû au faible nombre de données disponibles.

La figure 7 indique les réponses moyennes du pH ruminal qui est accru significativement par l'apport de ST : + 0,07 ± 0,02 par % de ST, P = 0,004. La réponse du pH (ReppH) dépend de la valeur du groupe témoin, sans addition de ST (pHt) :

$$\text{ReppH} = -0,208 \text{ pHt} + 1,43$$

(n = 49, r = 0,40, etr = 0,17).

La réponse du pH est d'autant plus marquée que sa valeur initiale est faible (figure 8). Ainsi, on constate que l'efficacité du traitement est d'autant plus grande que l'état d'acidose est plus prononcé. La réponse du pH du rumen aux ST explique en partie celle du TB du lait (tableau 3). Elle varie également selon les rations expérimentales, augmentant significativement avec la proportion d'aliment concentré (C %) et diminuant avec le pourcentage d'ADF (ADF %), selon la relation :

$$\text{ReppH} = 0,002 \text{ C \%} - 0,016 \text{ ADF \%} + 0,26$$

(n = 42, r = 0,46, etr = 0,18, P < 0,001).

Figure 6. Influence de la proportion d'aliment concentré dans la ration sur la réponse du taux butyreux (TB) du lait à l'addition de substances tampon.

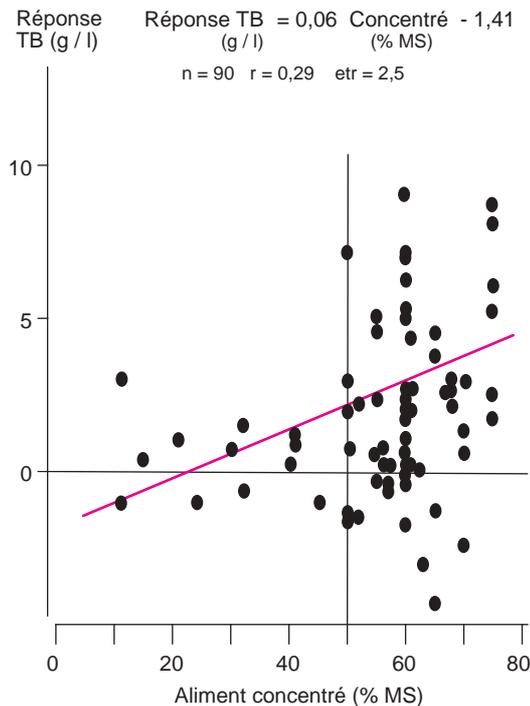
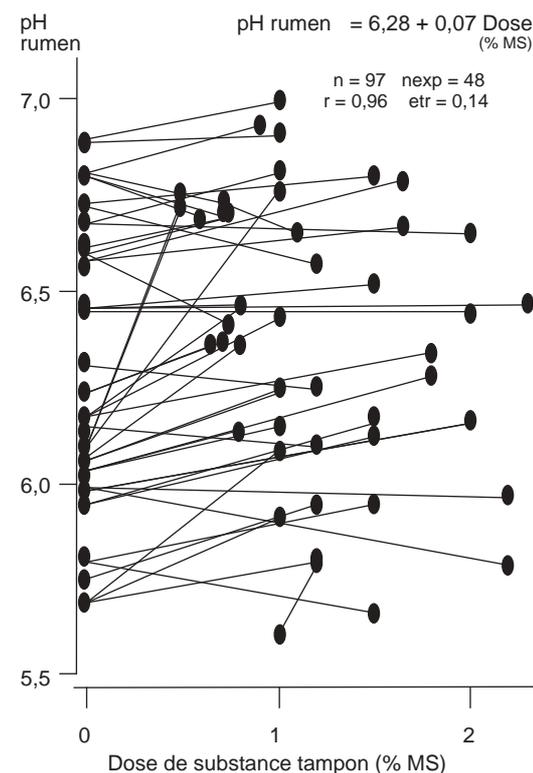


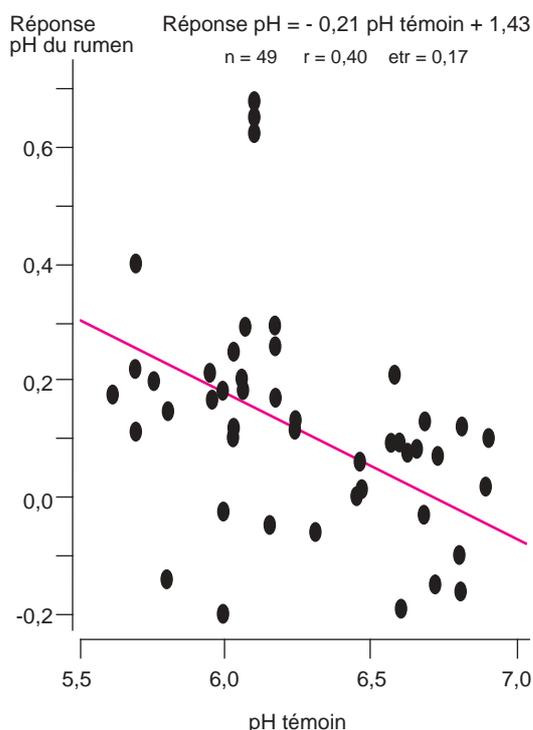
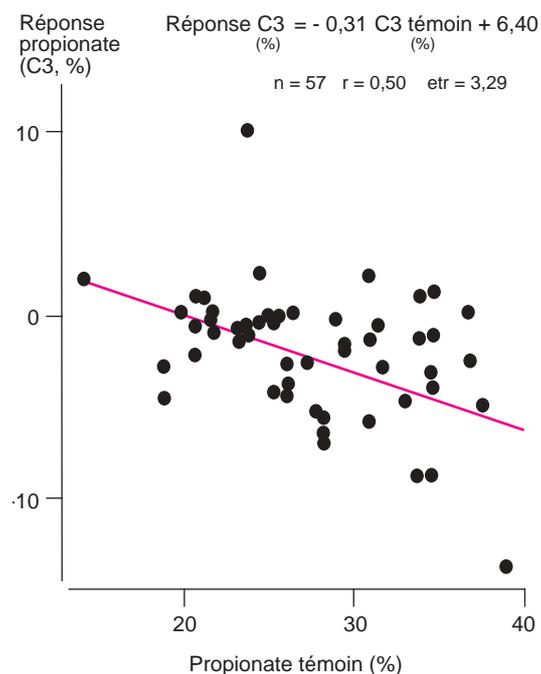
Figure 7. Effet de l'incorporation de substances tampon à la ration sur le pH du rumen.



En revanche, le niveau azoté des rations ne modifie pas significativement (P = 0,81) la réponse du pH du rumen à l'addition de ST. Comme pour le TB, nous avons cherché à estimer un équivalent-fibre de l'apport de ST sur la base des valeurs du pH ruminal. D'après Sauvant et Mertens (2001), pour des

Tableau 3. Relations entre réponses du taux butyreux et réponses des paramètres fermentaires du rumen (X).

Réponse	Equation	n	r	etr	P
pH	$0,42 X + 0,21$	48	0,28	0,28	0,051
Acides gras volatils totaux (mM/l)	$0,001 X + 0,27$	44	0,04	0,29	0,805
Acétate (%)	$0,04 X + 0,18$	56	0,59	0,22	< 0,001
Propionate (%)	$- 0,05 X + 0,14$	56	- 0,67	0,20	< 0,001
Butyrate (%)	$0,08 X + 0,19$	51	0,48	0,25	< 0,001
Acétate / propionate	$0,43 X + 0,14$	59	0,64	0,21	< 0,001

Figure 8. Relation entre la réponse du pH du rumen et sa valeur initiale (pH témoin).**Figure 9.** Relation entre la réponse du propionate (C3, en % des acides gras volatils totaux) dans le rumen et sa valeur initiale (C3 témoin).

Les substances tampon augmentent le pH ruminal, d'autant plus que l'acidose est plus prononcée, et modifie les proportions des acides gras volatils qui expliquent l'effet sur le taux butyreux du lait

pH proches de 6,0 l'augmentation de 1 % de NDF de la ration accroît le pH de 0,03 unité et l'augmentation de la TPM de 1 mm de 0,4 unité. Ceci signifie que, pour ces valeurs de pH, l'équivalent-fibre pour 1 % de ST est d'environ 6 % de NDF et 0,50 mm de TPM.

L'incorporation de substance tampon aux régimes ne modifie pas significativement ($P = 0,86$) la concentration d'azote ammoniacal dans le rumen.

Les acides gras volatils (AGV) sont diversement affectés par l'addition de ST. Ainsi la concentration totale des AGV n'est pas significativement modifiée ($P = 0,20$), mais l'apport de ST affecte la composition du mélange des AGV : il réduit de façon significative la proportion molaire de propionate (C3) dans les AGV totaux (-1,62 % + 0,42 par % de ST). Cette réponse (RepC3) est d'autant plus marquée que la proportion initiale de propionate (C3t) est élevée (figure 9) :

$$\text{RepC3 \%} = - 0,31 \text{ C3t \%} + 6,40$$

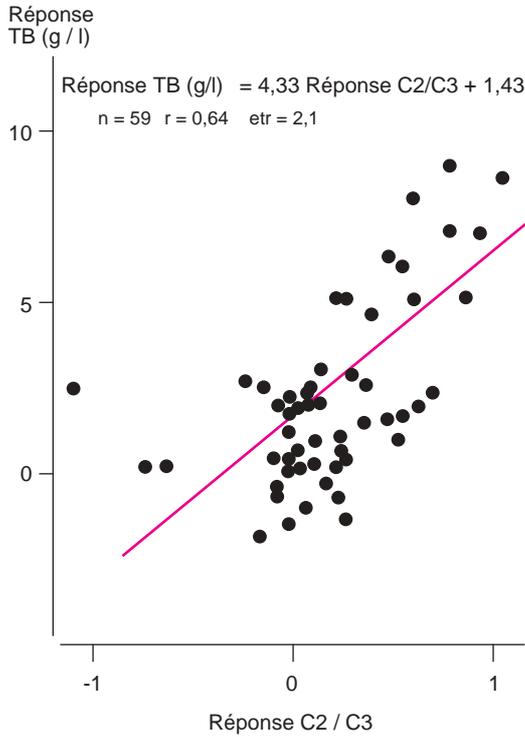
($n = 57$, $r = 0,50$, $\text{etr} = 3,29$).

Elle est nulle pour une valeur initiale de C3 d'environ 20 %, valeur indicatrice d'un rumen fermentant normalement. La diminution de la proportion de propionate est compensée par

une augmentation significative de celles de l'acétate (0,99 % + 0,43 par % de ST) et du butyrate (0,60 % + 0,19 par % de ST). En conséquence, le rapport acétate/propionate est significativement accru par l'apport de ST. Ces modifications traduisent l'existence de variations des échanges d'hydrogène au sein de l'écosystème ruminal. Généralement l'augmentation de l'ingestion entraîne une diminution du rapport C2/C3 or nous constatons l'effet inverse dans le cas de l'addition de ST : $\text{C2/C3} = 0,12 \text{ MSI (kg)} + 0,03$ ($n = 117$, $r = 0,96$, $\text{etr} = 0,7$, $P < 0,001$).

La réponse du taux butyreux est fortement liée aux réponses des paramètres caractérisant les fermentations dans le rumen (tableau 3). Au-delà de la liaison classique acétate/TB (Erdman 1988) que nous retrouvons, des corrélations fortes avec les proportions molaires des AGV majeurs sont observées. L'augmentation du TB est la conséquence de l'amélioration des conditions globales de fonctionnement du rumen. Les modifications induites du profil des AGV absorbés ont des conséquences sur la partition métabolique des nutriments. Cet aspect apparaît bien sur la figure 10 où les réponses du TB et du rapport acétate / propionate sont positivement et significativement liées.

Figure 10. Relation entre la réponse du taux butyreux (TB) du lait et celle du rapport acétate / propionate (C2/C3) dans le rumen à l'addition de substances tampon.



2.5 / Effets sur les paramètres digestifs et métaboliques

La digestibilité de la matière sèche du régime n'est pas significativement modifiée par l'ajout de ST ($P = 0,19$), alors que celle des composés pariétaux (figure 11, tableau 2) augmente significativement intra-expérience de $1,36 \% \pm 0,59$ ($n = 47$, $n_{exp} = 23$, $r = 0,98$, $etr = 2,55$, $P = 0,03$) pour le NDF et de $2,64 \% \pm 0,76$ ($n = 45$, $n_{exp} = 22$, $r = 0,97$, $etr = 3,54$, $P = 0,002$) pour l'ADF par % de ST ajoutée. Malgré l'accroissement de l'ingestion, les effets observés traduisent bien l'influence favorable des ST sur la cellulolyse ruminale et la digestibilité des parois végétales, principal facteur de variation de la valeur énergétique des rations des ruminants.

Le pH sanguin tend à augmenter ($P = 0,11$), les effets sur la pression partielle d'oxygène (PO₂) et la réserve alcaline apparaissent aussi à l'état de tendance ou ne sont pas significatifs (tableau 2). Par contre, la teneur en bicarbonates du sang et le pH urinaire augmentent respectivement de $0,48 \text{ mEq/l} \pm 0,20$ ($n = 37$, $n_{exp} = 18$, $r = 0,96$, $etr = 0,74$) et de $0,20$ unité de pH $\pm 0,04$ ($n = 33$, $n_{exp} = 16$, $r = 0,91$, $etr = 0,14$) par % de ST. Ces résultats traduisent bien le fait que l'homéostasie métabolique des ions H⁺ est principalement réalisée par la fonction rénale (Pitts1948, Demigné et Remesy 1983). Ils montrent également la sensibilité de la réserve sanguine de bicarbonates aux apports de ST. Il est intéressant de constater que la réponse de ces paramètres d'ordre métabolique est très liée à la réponse de certains paramètres digestifs évoquée plus haut. Ainsi la réponse intra-essais du pH rumi-

Figure 11. Effet de l'incorporation de substance tampon sur la digestibilité des composés pariétaux.

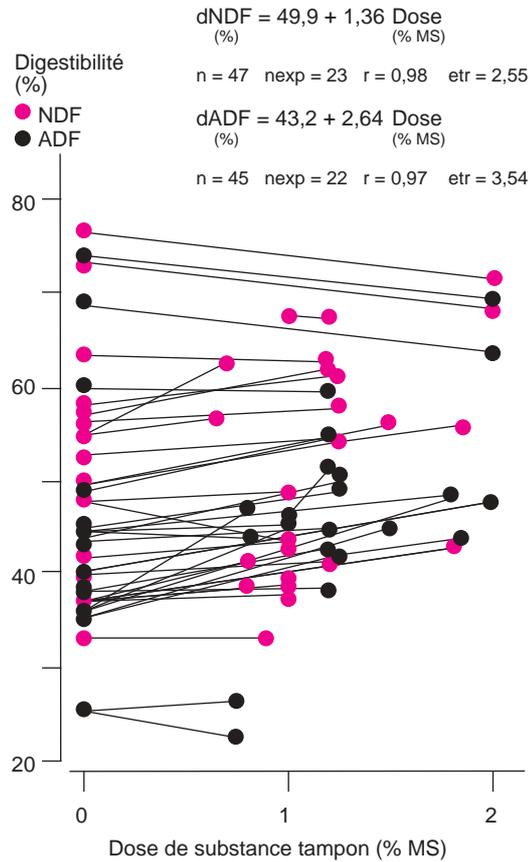
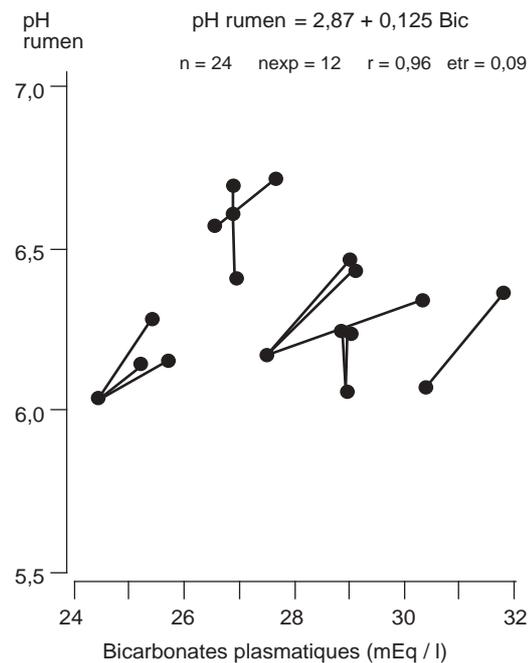


Figure 12. Relations intra-essais entre le pH du rumen et la teneur plasmatique en bicarbonates (Bic).



nal est liée ($P = 0,002$) à celle la teneur en bicarbonates du sang (figure 12) ; en outre, cette dernière est significativement liée à la réponse du TB du lait. Ces résultats incitent à développer des recherches sur les relations entre les réponses métaboliques et l'état d'acidose ruminale. Ils montrent aussi l'inté-

rêt de la mesure du pH urinaire pour apprécier un état acidotique.

Conclusion

Cette étude a permis de fournir des indicateurs et des équations utilisables pour raisonner l'apport de substances tampon dans la formulation des régimes alimentaires. Il apparaît que l'apport de substances tampon est plus efficace en situation critique, c'est-à-dire lorsque la proportion d'aliments concentrés dépasse 50 % de la matière sèche totale, lorsque la teneur en propionate est supérieure à 20 % des acides gras volatils totaux, lorsque le pH du rumen est inférieur à 6 et

lorsque le taux butyreux du lait est faible (inférieur à 33 g/l). Dans ces conditions, il apparaît que l'équivalent-fibre de 1 % de substance tampon se situe entre 4 et 6 % de NDF pour la fibre chimique et entre 0,5 et 1,2 mm de TPM pour la fibre physique. Dans ces situations, l'ajout de substances tampon à la ration améliore les conditions physico-chimiques du rumen, ce qui se répercute favorablement sur l'ingestion de matière sèche, la production de lait, les sécrétions mammaires de lipides et l'état des réserves corporelles de bicarbonates. Des pistes de recherche intéressantes semblent se dessiner sur les relations entre les « états électrolytiques » du rumen et l'ensemble de l'organisme du ruminant laitier.

Références

La liste des références bibliographiques utilisées pour l'élaboration de la base de données est disponible sur simple demande auprès des auteurs.

Demigné C., Remesy C., 1983. Les différents types d'acidose chez le ruminant : origines, conséquences et traitements. Bull. Tech.CRVZ Theix, INRA, 51, 19-26.

Erdman R.A., 1988. Dietary buffering requirements of the lactating cow: a review. J. Dairy Sci., 71, 3246-3266.

Pitts R.F., 1948. Renal excretion of acid. Federation Proceedings, 7, 418-426.

Sauvant D., Meschy F., Mertens D., 1999. Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. INRA Prod. Anim., 12, 49-60.

Sauvant D., Mertens D.R., 2001. Empirical modeling of ruminal pH from dietary NDF and mean particle size. J. Anim. Sci., 79 (Suppl. 1) / J. Dairy Sci., 84 (Suppl. 1) / Poultry Sci., 80 (Suppl. 1), 198-199 (Abst).

Abstract

Meta analysis of responses of lactating cows to buffer supplementation.

Rumen acidosis is a common nutritional disorder in high yielding ruminants, especially in dairy cows. Buffer supplementation (BS) might be a way to limit deleterious effects of acidosis. A meta analysis of data extracted from literature (40 publications) allows to obtain some general laws of responses on performance, rumen and metabolic parameters. BS (by % in dry matter unit) increases significantly dry matter intake by 0.51 kg/d, raw milk yield by 0.52 kg/d and milk fat by 0.15%. BS increases rumen pH by 0.07 unit. Total volatile fatty acids are not affected by BS while molar percentage of propionate decreases and those of acetate and butyrate increase. Consequently the acetate: pro-

ionate ratio increases significantly. It must be underlined that all these responses are strongly linked to their initial values: BS is much more efficient in (sub)acidosis conditions. Blood pH tends to increase, blood bicarbonate concentration and urinary pH increase significantly with BS. These observations encourage to develop studies on the relationship between these metabolic indicators of acid-base equilibrium and the rumen acidotic status, despite of considering this latter separately.

MESCHY F., BRAVO D., SAUVANT D., 2004. Analyse quantitative des réponses des vaches laitières à l'apport de substances tampon. INRA Prod. Anim., 17, 11-18.