

JOURNÉE D'INFORMATION SCIENTIFIQUE – BOVINS LAITIERS ET PLANTES FOURRAGÈRES

Inclure du tourteau de canola dans les rations des vaches laitières: pourquoi pas?

D. R. OUELLET¹, R. MARTINEAU^{1,2}, D. PELLERIN², et H. LAPIERRE¹

¹Centre de recherche et de développement, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Sherbrooke, Québec, Canada, J1M 0C8

²Département des sciences animales, Université Laval, Québec, Québec, Canada, G1V 0A6

Daniel.Ouellet@canada.ca

Mots clés : Tourteau de canola, vaches laitières

Introduction

Le canola tel qu'on le connaît aujourd'hui, c'est-à-dire avec une faible teneur en glucosinolates (< 30 µmol/g du tourteau vs 120-150 µmol/g) et en acide érucique (< 2% des acides gras de l'huile vs 35-50%), a été développé par des chercheurs canadiens dans les années 1970 à partir du colza. Cette amélioration a grandement favorisé l'incorporation du tourteau de canola (TC), obtenu après l'extraction de l'huile de la graine de canola, aux diverses rations des animaux de la ferme dont les vaches laitières. Il est utilisé dans toutes les régions du Canada, en Europe et aussi dans diverses parties des États-Unis. La teneur élevée en protéine du TC fait qu'il peut substituer une partie ou en totalité des suppléments protéiques, tel que le tourteau de soya (TS), les drèches de distillerie, le gluten de maïs, les farines de poisson ou de sang. Pour les producteurs et les nutritionnistes, des questions essentielles se posent: est-ce que les performances des vaches laitières sont maintenues avec l'inclusion du TC dans les rations, quels facteurs influencent la réponse laitière et doit-on limiter la quantité à inclure?

Méthodologie

Pour répondre à ces questions, les résultats de recherches les plus récentes décrivant la composition chimique, le comportement du TC dans des essais en laboratoire et in vivo ainsi que des résultats de méta-analyses sur la réponse laitière seront présentés.

Résultats

Le teneur en protéines brutes du TC est en général de 13 unités de pourcentage plus faible que celle du TS (Tableau 1). Le TC contient plus de fibres insolubles aux détergents neutre et acide (NDF et ADF, respectivement) que le TS.

Tableau 1. Composition chimique du TC et du TS (Source : Maxin et al., 2013).

Paramètres (%MS)	TC	TS
Protéines brutes	40,1	53,6
Fibres insol. au détergent neutre (NDF)	31,9	9,5
Fibres insol. au détergent acide (ADF)	22,5	6,4
Extrait éthéré (lipides)	3,6	1,5
Amidon	1,6	1,5
Cendres	8,0	6,9

La mesure de la dégradabilité ruminale de la protéine des aliments se fait généralement par la technique des sachets de nylon : l'ingrédient à tester est placé dans ces sachets qui séjournent dans le rumen pendant des périodes de temps différentes et la disparition du matériel du sachet estime sa dégradabilité. Une critique fréquente de cette méthode est liée au fait qu'on présume que les particules qui quittent les sachets sont complètement dégradées dans le rumen. Cependant, une partie du TC est constitué de particules fines qui peuvent sortir par les pores des sachets sans pour autant être dégradées. Étant donné qu'on présume que cette fraction est complètement dégradée, l'estimation de la dégradabilité ruminale du TC semble ainsi trop élevée. Des études in vitro ont estimé la dégradabilité de la fraction soluble du TC et les résultats sont présentés au Tableau 2. On remarque que la dégradabilité ruminale de l'azote de la fraction soluble du TC est de 44% et est la plus faible des aliments qui sont dans ce tableau. Ce dernier résultat pour le TC est similaire à ceux rapportés par Bach et al. (37%; 2008) et Stefański et al. (43%; 2013). D'autres méthodes in vitro où des correctifs de la méthode classique de la technique des sachets de nylon sont présentés au Tableau 3 et révèle que lorsque corrigée pour la présence de particules solubles, la dégradabilité du TC se compare avantageusement à celle du TS.

Tableau 2. Dégradabilité de l'azote soluble du TC selon Hedqvist et Udén (2006).

Source protéique	Dégradabilité ruminale de l'azote soluble, %
TC	44
Tourteau de lin	46
Pois	71
TS	73
Drèches de distillerie de blé	79

Tableau 3. Teneur en protéine brute (PB) et non-dégradées dans le rumen (PND) du TC et TS selon 3 méthodes d'évaluation qui incluent le comportement des particules solubles.

Référence	TC			TS		
	PB, %MS	PND, % PB	PND, % MS	PB, %MS	PND, % PB	PND, % MS
Broderick et al., 2016	41,7	44,5	18,6	52,7	34,9	18,4
Maxin et al., 2013	40,1	52,5	21,0	53,6	41,5	22,2
Ross et al., 2013	40,6	58,2	23,6	49,4	45,0	22,2

Aussi, la composition en acides aminés (AA) essentiels du TC indique que ce dernier offre un profil équilibré pour les principaux AA essentiels d'intérêt (Figure 1). Il contient une proportion appréciable de lysine, il est aussi une bonne source de méthionine (meilleure que le TS) et sa concentration en histidine est aussi plus grande que celle des bactéries du rumen.

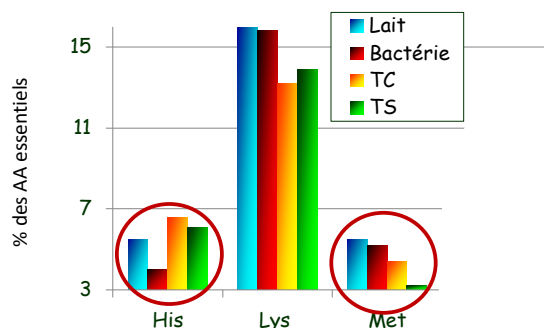


Figure 1. Composition en acides aminés du TC (% des AA essentiels) selon le Guide des besoins nutritionnels bovins laitiers du « National Research Council » (NRC, 2001).

Les réponses d'ingestion et de production laitière à la substitution d'un supplément protéique par le TC sont présentés dans les figures 2 à 4. Ces figures proviennent d'une méta-analyse incluant 27 expériences dans lesquelles le TC a substitué une autre source protéique sur une base isoprotéique, avec un maximum d'inclusion de TC de 17,2% (Martineau et al., 2013). Tout d'abord, la substitution de la source protéique de la ration initiale par 10% de TC augmente la consommation volontaire de matière sèche (MSI) de 240 g par vache par jour (Figure 2).

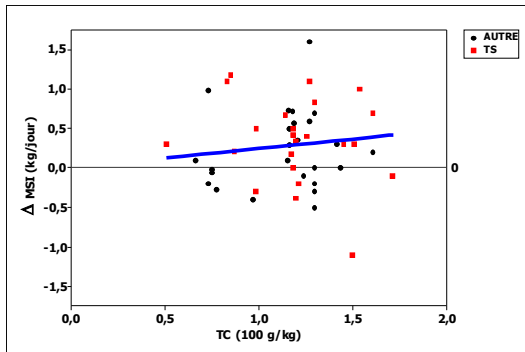


Figure 2. Réponse de la matière sèche ingérée (Δ MSI) des vaches à la suite d'une substitution du supplément protéique par le TC : Δ MSI = $0,24 \times$ TC (unité de 100 g/kg). (Source : Martineau et al., 2013).

Pour obtenir de résultats qui sont comparables entre les expériences, la MSI, les teneurs en lipides et en protéines brutes ont été ajoutées à titre de covariables dans le modèle statistique. Ainsi, pour des vaches qui consommaient la même quantité de matière sèche et recevant 17,2% de TC dans leur ration, les productions de lait, de protéines et de matières grasses ont augmenté en moyenne de 1,07 kg/jour, de 45 et 28 g/jour, respectivement. La réponse de la production de protéines laitières a été affectée par le type de protéines que le TC avait substitué: elle était 50% plus faible lorsque le TC remplaçait du TS (16,8 g/j; Figure 4) comparativement à 32,2 g/j lorsque TC remplaçait d'autres sources de protéines (e.g. drèches de distillerie, gluten de maïs).

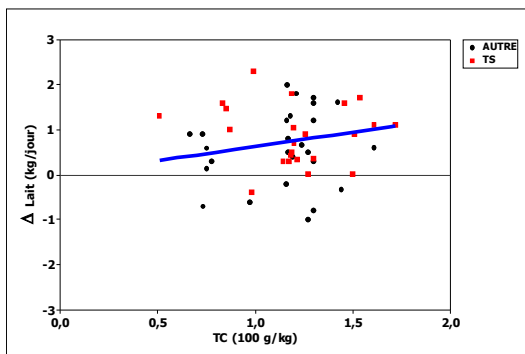


Figure 3. Réponse de la production laitière (Δ Lait) des vaches à la suite d'une substitution du supplément protéique par le TC : Δ Lait = $0,62 \times$ TC (unité de 100 g/kg). (Source : Martineau et al., 2013).

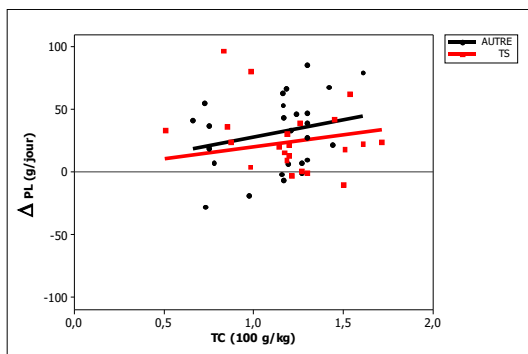


Figure 4. Réponse de la production de protéines lactières (Δ PL) des vaches à la suite d'une substitution de supplément protéique par le TC :

Δ PL = $16,8 \times$ TC (unité de 100 g/kg) pour TS (carré rouge)

Δ PL = $32,2 \times$ TC (unité de 100 g/kg) pour autres protéines (cercle noir). (Source : Martineau et al., 2013).

Martineau et al. (2014) ont réalisé une autre méta-analyse qui visait spécifiquement à évaluer l'effet de la substitution du supplément protéique par du TC sur les concentrations plasmatiques des AA et en urée. Les résultats de leur travail ont révélé que la somme des AA totaux et celle de chaque AA essentiel avaient augmenté lorsque le TC a substitué un autre supplément protéique. Les concentrations d'urée dans le lait et le sang ont aussi diminué avec le TC, indiquant une meilleure utilisation de l'azote ingéré.

Une observation intéressante, qui peut expliquer la faible inclusion du TC dans la ration des vaches laitières, est la mauvaise estimation de l'apport en protéine utilisable par l'animal, c.à.d. la protéine métabolisable (PM) lorsqu'on utilise le modèle du « National Research Council » (NRC, 2001). En effet, comme le démontre la figure 5, lorsque l'on substitue un autre supplément protéique par du TC, le modèle du NRC (2001) estime que l'apport en PM sera réduit. Cependant, lorsque l'on juxtapose les prédictions en PM aux productions lactières, on observe une augmentation de production lactière avec une diminution des PM, ce qui indique une estimation en PM inadéquate suite à la substitution de protéines par le TC dans la ration. Cette incohérence peut être liée à l'estimation inadéquate par le NRC (2001) de la fraction soluble du TC et/ou de son devenir. Cette hypothèse reste toutefois à être démontrée. Une autre hypothèse était que la digestibilité intestinale de la fraction non-dégradée dans le rumen était sous-estimée par le NRC (2001), qui utilise 0,75 de digestibilité pour le TC vs 0,92 pour le TS. La digestibilité intestinale du résidu de la digestion des sachets de nylon estimée avec des sachets mobiles introduits au niveau du duodénum indique que cette fraction est digestible à 76% alors que celle du TS est de 97% (Roussi et al., 2017). Trois autres méthodes d'estimation de la digestibilité intestinale du TC ont été réalisées par notre équipe. Les résultats de ces essais, soit l'utilisation d'isotope stable ^{15}N , des poulets sans caecum (Parsons, 1985) et la méthode in vitro développée par Calsamiglia et Stern (1995), ont confirmé cette digestibilité plus faible du TC comparativement au TS.

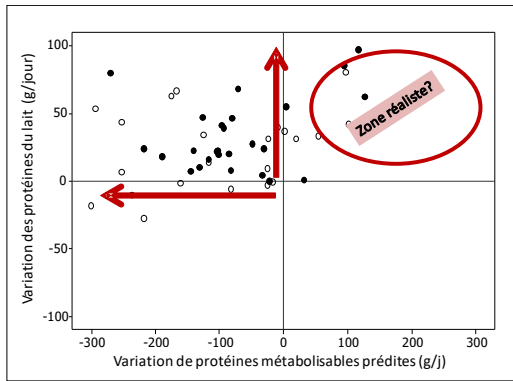


Figure 5. L'inclusion du TC dans le modèle NRC (2001) réduit l'apport théorique en protéine métabolisable (axe des x) alors que les recherches rapportent une augmentation de la production de protéines laitières (axe des y). (Source : Martineau et al., 2013).

Un aspect important dans la formulation des rations des vaches laitières est l'énergie apportée par cette dernière. L'énergie provient de la digestion des lipides, de la protéine et des glucides structuraux ou non. Le modèle du NRC (2001) estime l'énergie métabolisable et nette de lactation via les unités nutritives totales de la ration qui est le résultat de la somme de la digestibilité des fractions ci-haut mentionnées à laquelle on a ajouté une valeur calorifique. En ce qui concerne l'estimation de la digestibilité de la NDF (glucides structuraux), le NRC (2001) utilise cette équation :

$$\text{Fraction de la NDF digestible} = 0,75 * (\text{NDFn} - \text{Lignine}) * [1 - (\text{Lignine}/\text{NDFn})^{0,667}]$$

Où : NDFn = NDF – protéines liées à la NDF

En 2004, Robinson et al. ont montré que la lignine était un faible estimateur de la digestibilité de la NDF. Par la suite, des observations sur l'estimation de l'énergie des rations et les performances des vaches utilisant le « Cornell Net Carbohydrate and Protein System » (CNCPS; Fox et al., 2004) version 5 ont conduit à une révision de la détermination de cette fraction de la NDF disponible. La nouvelle équation exclut les cendres qu'on associe à tort à la mesure des NDF (nouvel estimateur : NDF_{mo}) et elle n'utilise plus la lignine. Ainsi, la nouvelle équation (NDF digestible = NDF_{mo} – NDF_{indigestible} (% de NDF_{mo})) est incluse dans la version 6,5 du CNCPS. L'indigestibilité de la NDF est estimée in vitro pour une période de 240 h pour les fourrages alors qu'elle est évaluée durant 120 h pour les concentrés. Pour une ration typique de vache laitière, les résultats de cette nouvelle équation indiquent une énergie métabolisable et nette de lactation plus grande de 4,2 % (Figure 6) pour le TC lorsque comparée à l'équation du NRC (2001). Cette augmentation de l'énergie du TC pourrait expliquer, en partie seulement, la réponse positive des vaches. Les valeurs d'énergie du TS augmentent de manière marginale avec cette nouvelle équation puisqu'il contient peu de fibres indigestibles.

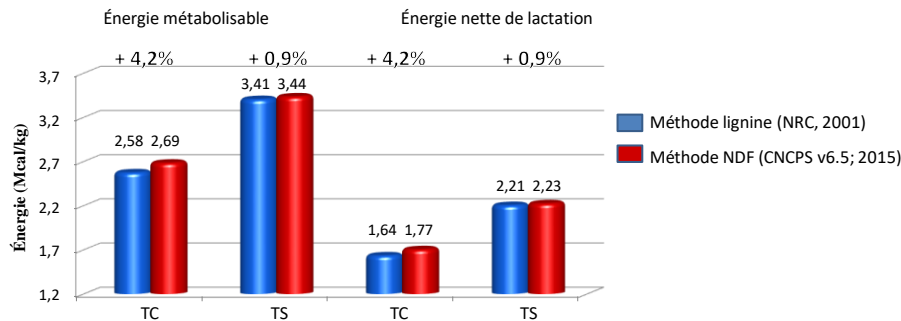


Figure 6. Évaluation de l'énergie métabolisable et nette de lactation selon la méthode de la lignine (NRC, 2001) ou des fibres indigestibles de la portion insoluble dans la solution détergente neutre selon le CNCPS, v 6,5 (2015).

Conclusions

Dans des rations laitières, la substitution d'un supplément protéique par du TC, à un même niveau de protéine brute, a un effet positif sur la consommation des vaches. En rapportant les paramètres de production à un niveau similaire de consommation, on observe tout de même un effet positif du TC sur les performances laitières, soit la production de lait, de protéines du lait et de gras. Ces études nous indiquent que cette amélioration des performances pourrait s'expliquer par une augmentation de l'absorption des acides aminés ou un apport énergétique plus élevé que l'estimation actuelle, résultant en une meilleure utilisation de l'azote avec l'inclusion de TC dans les rations. Une estimation erronée de la contribution de la fraction soluble du TC à la protéine métabolisable ainsi que de son énergie peut expliquer, en partie, l'inclusion faible du TC dans les rations, car la prédiction des apports en protéine métabolisable et/ou énergie semble actuellement sous-estimée. Globalement, selon notre méta-analyse, une vache consommant 25 kg de matière sèche à laquelle on substituerait un supplément protéique par 4,3 kg de TC, afin d'apporter la même quantité de protéine brute, produirait 1,07 kg de plus de lait par jour. Il manque toutefois de recherche afin de mieux déterminer si on peut inclure plus de 17% de la matière sèche de la ration en TC chez la forte productrice.

Remerciements

Les projets réalisés par notre équipe ont été financés par Agriculture et Agroalimentaire Canada et le Conseil canadien du canola dans le cadre des « Grappes scientifiques » sous le cadre stratégique « Cultivons l'avenir » 1 et 2.

Références

- Bach, A., M. Ruiz Moreno, M. Thrune, et M. D. Stern. 2008. Evaluation of the fermentation dynamics of soluble crude protein from three protein sources in continuous culture fermenters. *J. Anim. Sci.* 2008. 86:1364-1371.
- Calsamiglia, S. et M. D. Stern. 1995. A three-step in vitro procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:1459-1465.
- Fox, D. G., L. O. Tedeschi, T. P. Tylutki, J. B. Russell, M. E. Van Amburgh, L. E. Chase, A. N. Pell et T. R. Overton. 2004. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Anim. Feed Sci. Tech.* 112:29-78.
- Hedqvist, H. et P. Udén, 2006. Measurement of soluble protein degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 126:1-21.
- Martineau, R., D. R. Ouellet, et H. Lapierre. 2013. Feeding canola meal to dairy cows: A meta-analysis on lactational responses. *J. Dairy Sci.* 96:1701-1714.
- Martineau, R., D. R. Ouellet, et H. Lapierre. 2014. The effect of feeding canola meal on concentrations of plasma amino acids. *J. Dairy Sci.* 97:1603-1610.
- Maxin, G, D. R. Ouellet, et H. Lapierre. 2013. Effect of substitution of soybean meal by canola meal or distillers grains in dairy rations on amino acid and glucose availability. *J. Dairy Sci.* 96:7806-7817.
- National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Parsons, C. M. 1985. Short note: Influence of caecectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers' dried grains with solubles. *J. Agric. Sci.* 104:469-472.
- Robinson, P. H., D. I. Givens, et G. Getachew. 2004. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate values of feeds at maintenance energy intake from equations utilizing chemical assays and in vitro determinations. *Anim. Feed Sci. Technol.* 114:75-90.
- Roussi, A., H. Lapierre, D. Pellerin, K. Békri et D. R. Ouellet, 2017. Evaluation of rumen degradability and intestinal digestibility of canola meal. *J. Dairy Sci.* 100, Suppl. 2. Pages 299-300 (Résumé).
- Stefański, T., S. Ahvenjärvi, P. Huhtanen et K. J. Shingfield. 2013. Metabolism of soluble rapeseed meal (*Brassica rapa* L.) protein during incubations with buffered bovine rumen contents in vitro. *J. Dairy Sci.* 96:440-450.



Inclure du tourteau de canola dans les rations des vaches laitières: pourquoi pas?

D. R. Ouellet¹, R. Martineau^{1,2}, D. Pellerin² et H. Lapierre¹
¹Centre de recherche et de développement de Sherbrooke, Sherbrooke, QC, Canada J1M 0C8, ²Département des sciences animales, Université Laval, Québec, Canada, G1V 0A6
 Contact: Daniel.Ouellet@canada.ca

CONTEXTE

Le canola tel qu'on le connaît aujourd'hui, c'est-à-dire avec une faible teneur en glucosinolates (< 30 µmol/g vs 120-150 µmol/g de tourteau) et en acide érucique (< 2% vs 35-50% des acides gras de l'huile) a été développé dans les années 1970 par des chercheurs canadiens à partir du colza. Cette amélioration a grandement favorisé l'incorporation du tourteau de canola (TC), obtenu après l'extraction de l'huile de la graine, aux diverses rations des animaux de la ferme dont les vaches laitières.

La teneur élevée en protéine du TC fait qu'il peut substituer une partie ou en totalité des suppléments protéiques, tel que le tourteau de soya (TS), les drèches de distillerie, le gluten de maïs, les farines de poisson ou de sang. Pour les producteurs et les nutritionnistes, des questions essentielles se posent: est-ce que les performances des vaches laitières sont maintenues avec l'inclusion du TC dans les rations, quels facteurs influencent la réponse laitière et doit-on limiter la quantité à inclure?

CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

Composition chimique du TC et du TS

Paramètre, %MS	TC	TS
Protéine brute	40,1	53,6
Fibres insolubles au détergent neutre (NDF)	31,9	9,5
Fibres insolubles au détergent acide (ADF)	22,5	6,4
Extrait éthéré (lipides)	3,6	1,5
Amidon	1,6	1,5
Cendres	8,0	6,9

Source: Maxin et al., 2013

Dégradabilité de la protéine soluble du TC

Source protéique	Dégradabilité ruminale de la protéine soluble, %
TC	44
Tourteau de lin	46
Pois	71
TS	73
Drèches de distillerie de blé	79

Autres sources:

-Bach et al., 2008: 37% - Stefański et al., 2013: 43%

Source: Hedqvist et Udén, 2006



Teneur en protéine brute (PB) et non-dégradée dans le rumen (PND) du TC et TS selon 3 méthodes d'évaluation qui incluent le comportement des particules solubles

Référence	TC			TS		
	PB, %MS	PND, % PB	PND, % MS	PB, %MS	PND, % PB	PND, % MS
Broderick et al., 2016	41,7	44,5	18,6	52,7	34,9	18,4
Maxin et al., 2013	40,1	52,5	21,0	53,6	41,5	22,2
Ross et al., 2013	40,6	58,2	23,6	49,4	45,0	22,2



✓ Moins de protéine brute et plus de fibres pour le TC vs TS.

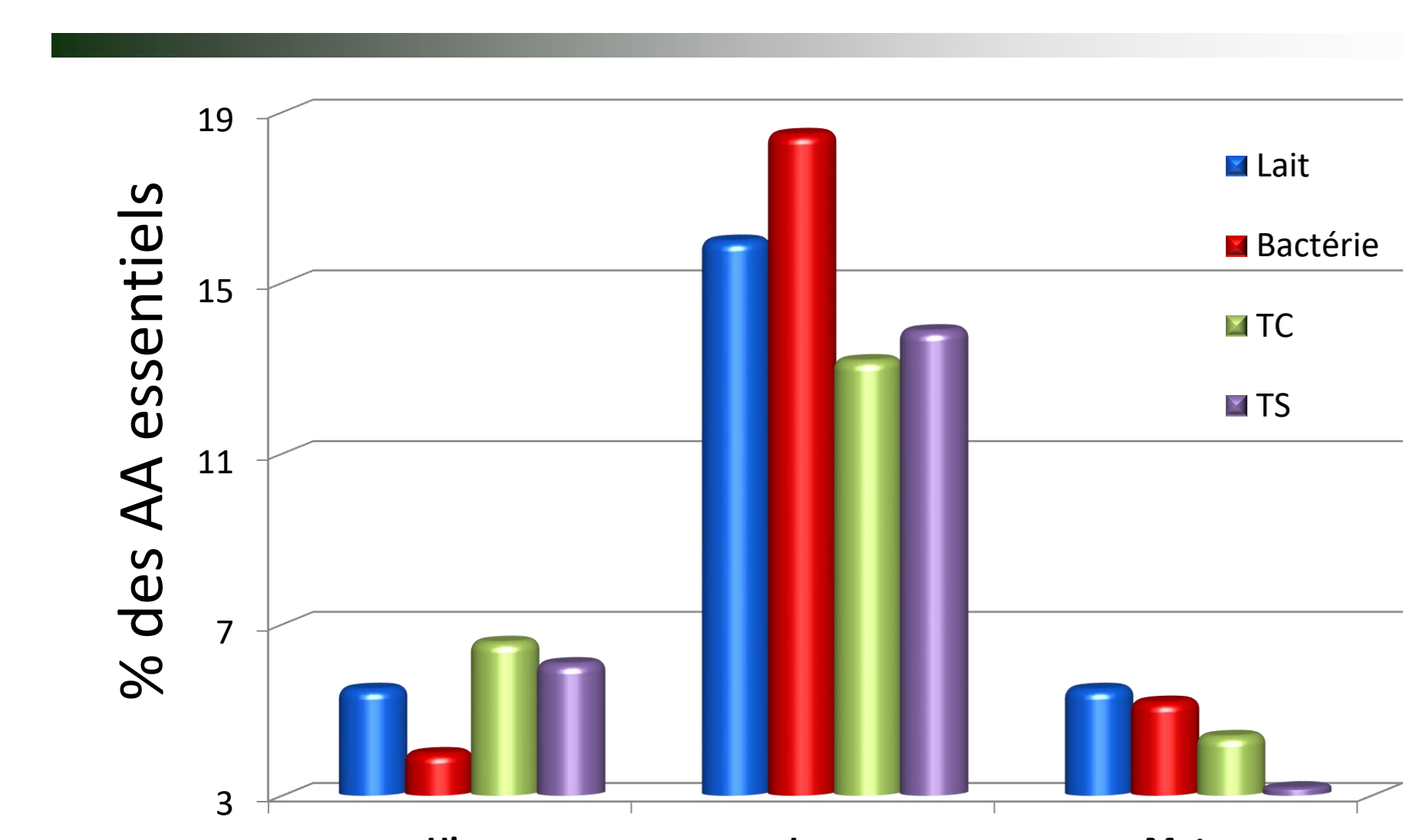
✓ La dégradabilité de la protéine soluble pour le TC est faible.

✓ La résistance à la dégradation de la protéine soluble du TC révèle une similitude avec le TS quant à l'apport en PND à l'intestin.

Réponses des vaches à la substitution de suppléments protéiques par du TC

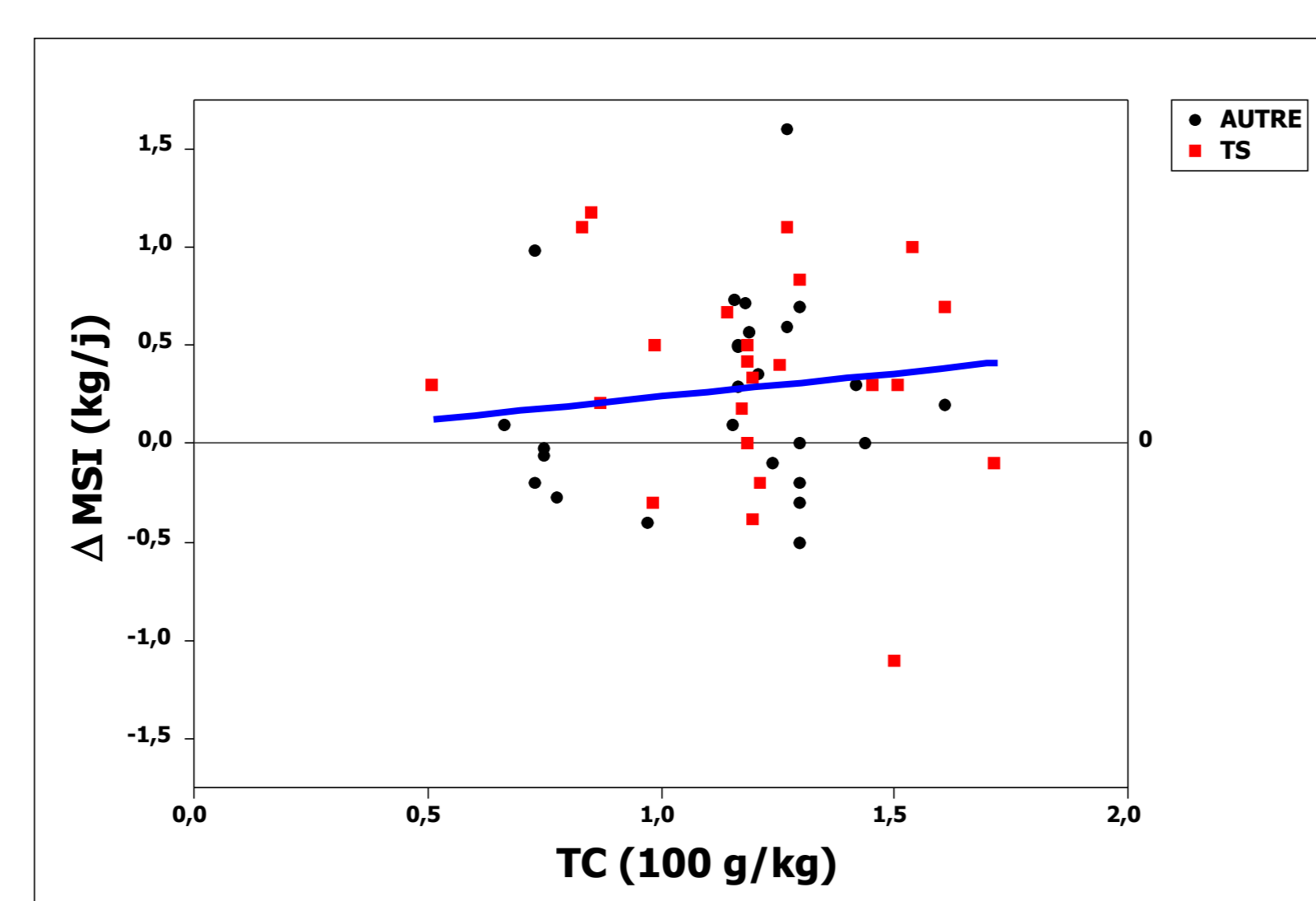
Source: Martineau et al., 2013

Composition en AA, % AA essentiels



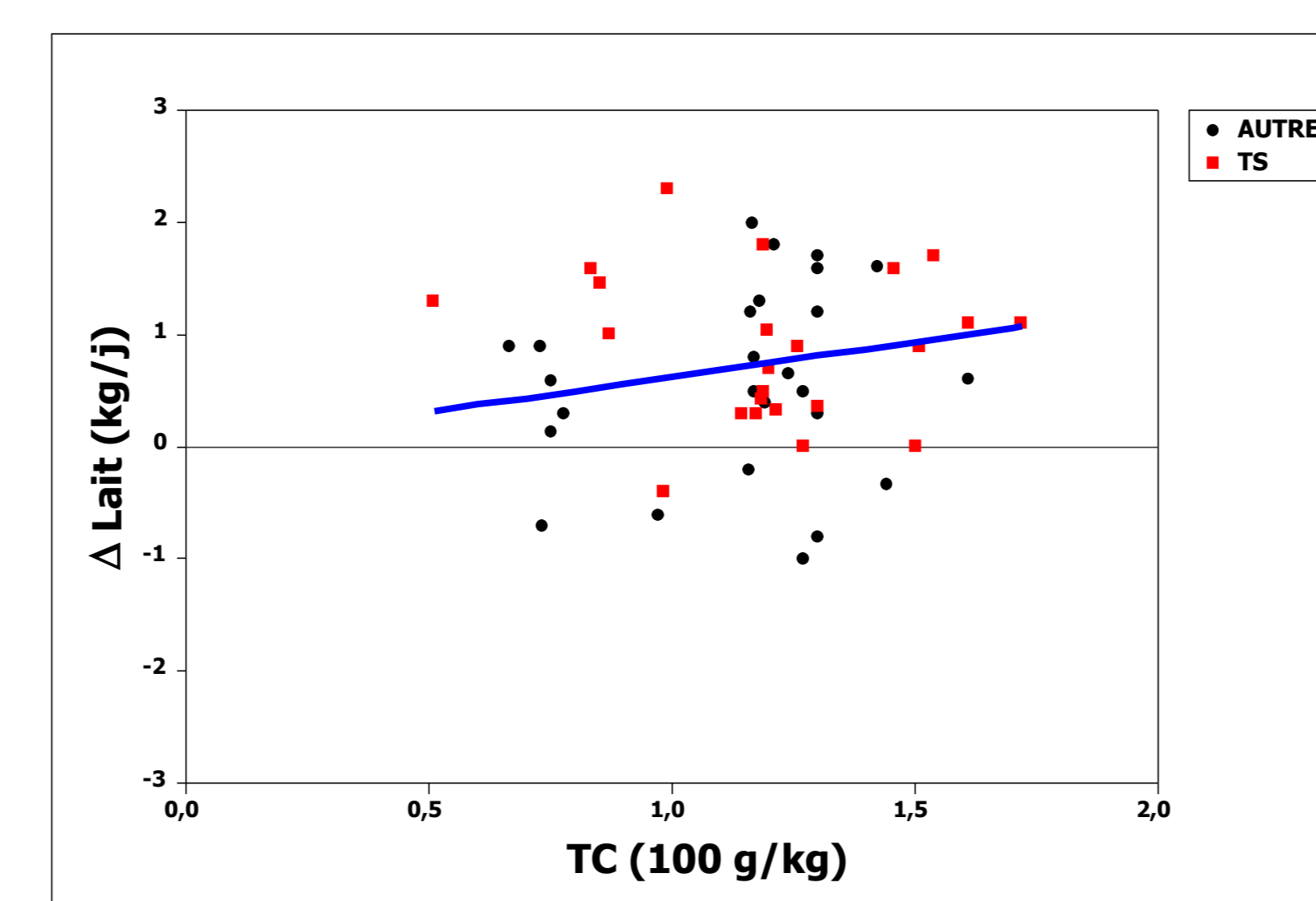
Source: NRC, 2001

Matière sèche ingérée (MSI)



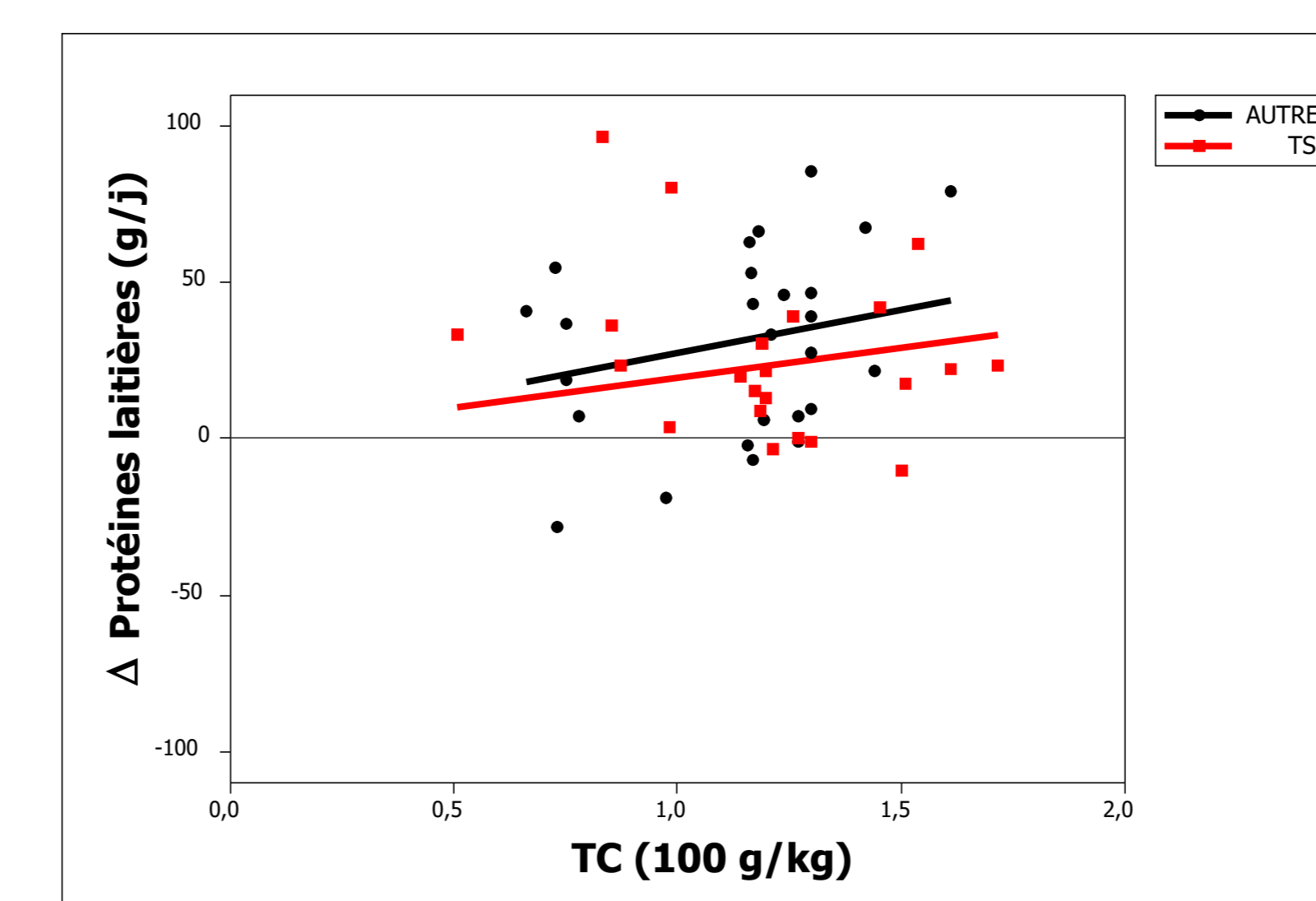
✓ Matière sèche ingérée (kg/j) = 0,24 × TC

Production de lait (ΔMSI contrôlée)



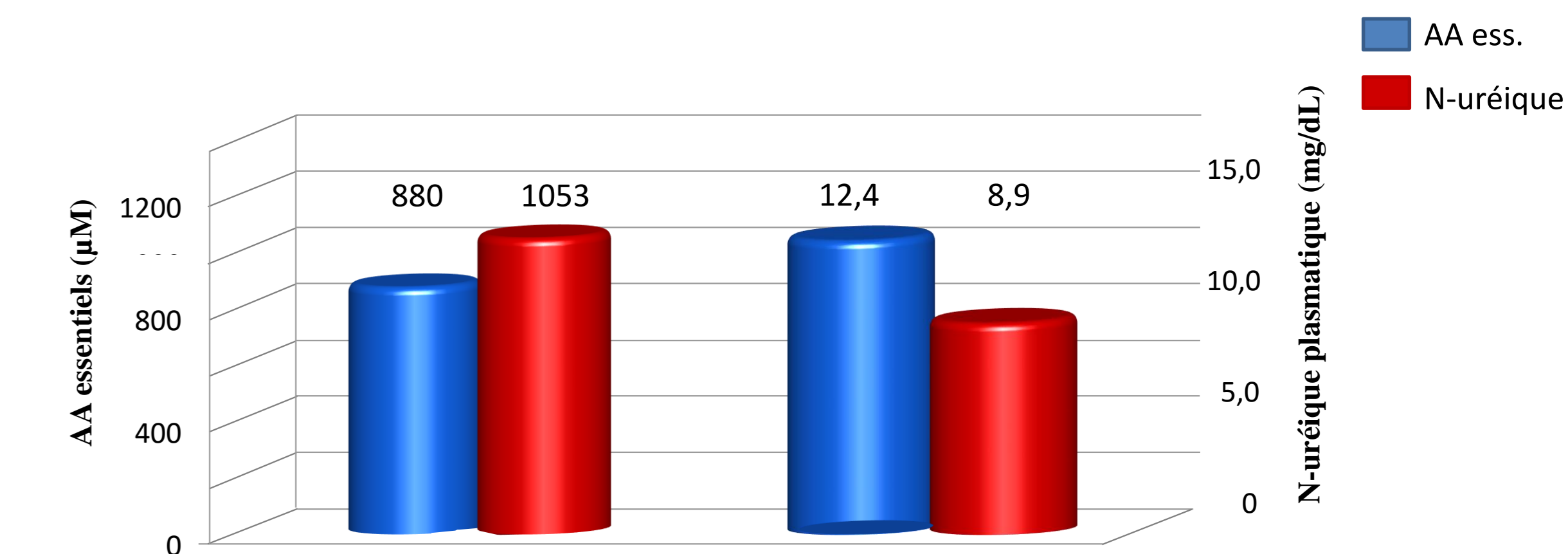
✓ Réponse en lait (kg/j) = 0,62 × TC

Protéines du lait (ΔMSI contrôlée)



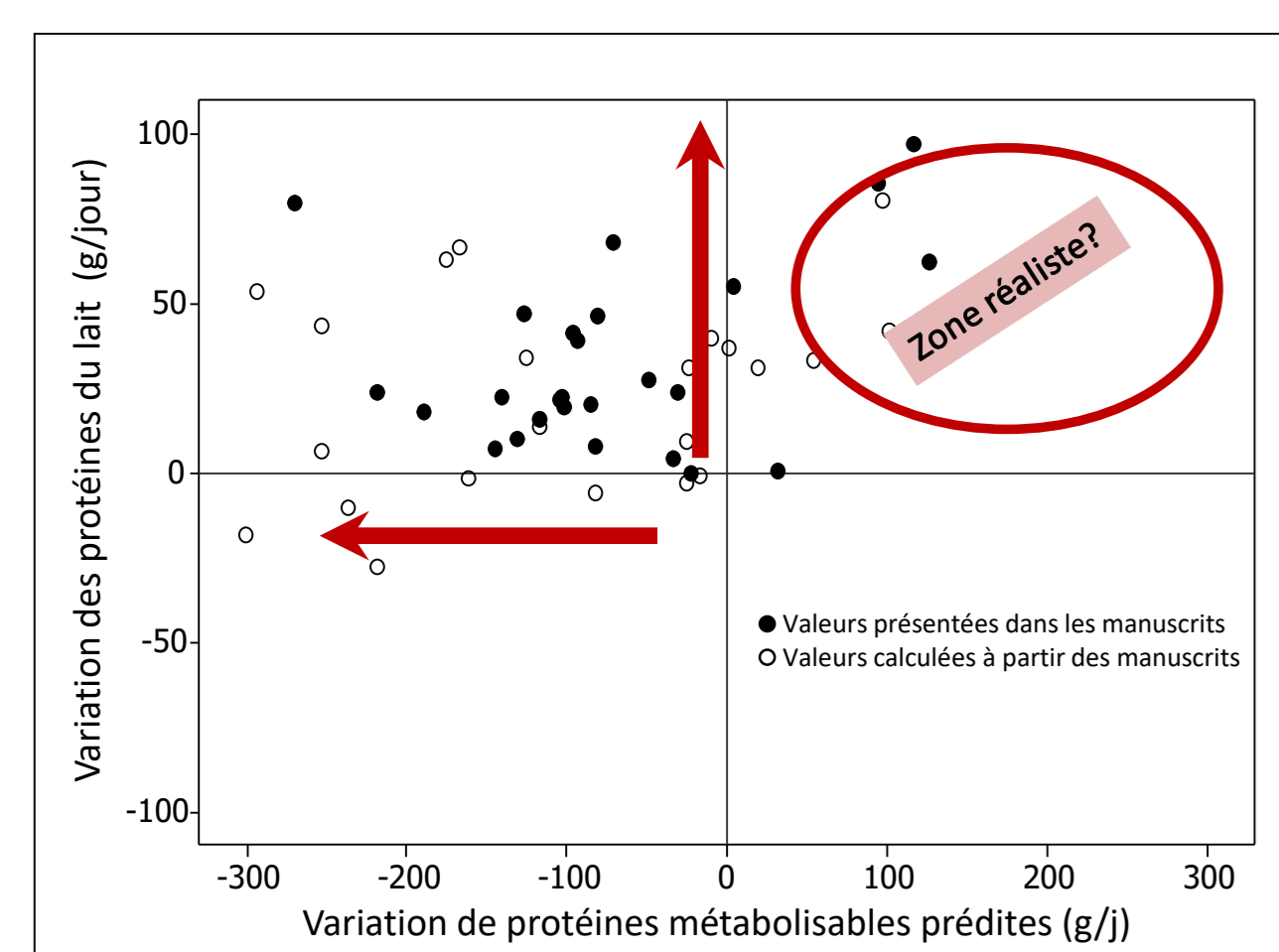
✓ Réponse en protéines du lait (g/j): = 16,8 × TC ; pour TS (rouge) = 32,2 × TC ; pour autres suppléments (noir)

Concentration plasmatique en AA essentiels et en urée quand TC substitue* une autre source protéique



*Substitution maximale observée de 15,4% Source: Martineau et al., 2014

✓ TC: augmentation calculée des AA ess. circulant dans le sang et diminution calculée de l'urée dans le sang.



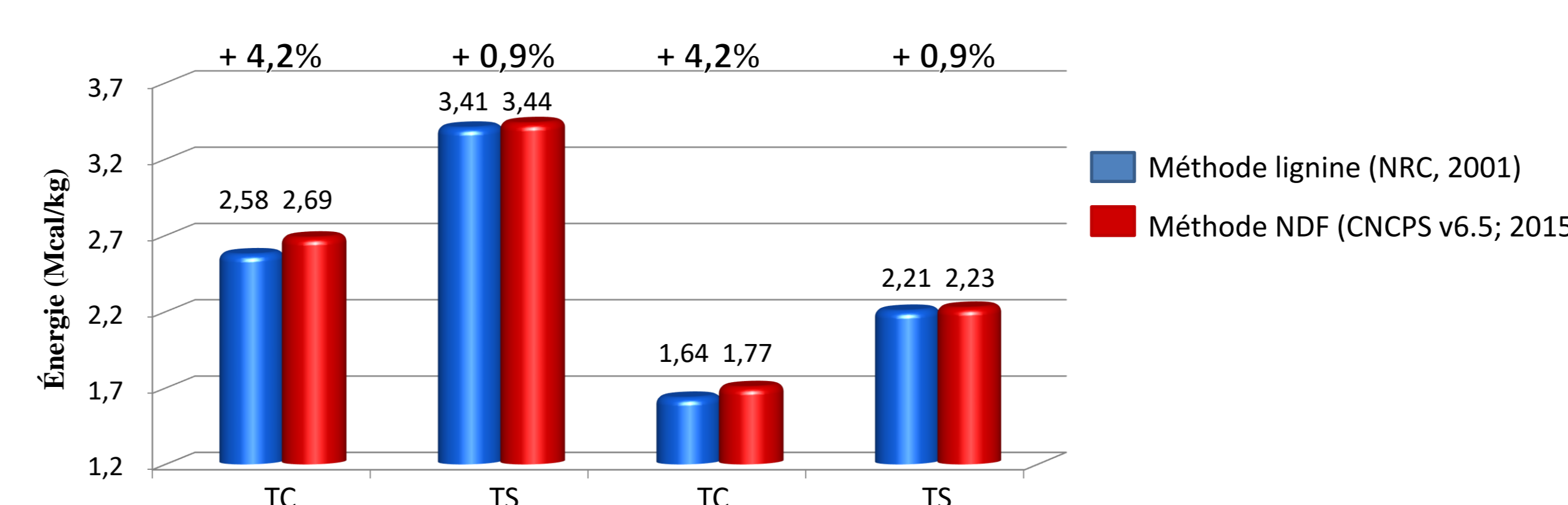
Substitution de supplément protéique par TC dans le modèle NRC (2001).....

→ diminution de protéines métabolisables mais augmentation des protéines du lait!

Source: Martineau et al., 2013

✓ Mauvaise estimation du TC par le NRC (2001).

Énergie métabolisable Énergie nette de lactation



✓ Méthode NDF vs lignine = + 4,2% pour l'énergie du TC.

25 kg/j MSI
 dont 4,3 kg/j de TC (17,2% d'inclusion)
 substituant d'autres sources protéiques =



+ 1,07 kg/j

RETOMBÉES POUR LE SECTEUR

Le TC permet d'augmenter la production laitière: pour chaque 10% de substitution d'une autre source de protéine, le TC augmente la production laitière de 0,62 kg par jour (ex: 2,5 kg de TC si 25 d'kg ingestion = + 0,62 kg de lait par jour).

- Augmentation des AA essentiels et meilleure utilisation de l'N ingéré lorsque TC substitue une autre source protéique.
- La substitution d'une autre source de protéine avec du TC jusqu'à 17,2% de la matière sèche ingérée, ce qui représente le maximum observé dans les données, n'a pas d'effet négatif sur la production.
- On ne connaît pas le maximum de substitution car il manque des données de recherche à ce sujet.