

REDUCTION DE LA TENEUR EN PROTEINES BRUTES ET DE L'INCLUSION DE TOURTEAU DE SOJA : QUELS EFFETS SUR LES PERFORMANCES ET LES EMISSIONS AZOTEES EN POULET DE CHAIR ?

**Théophane de Rauglaudre^{1,2,3}, Bertrand Méda², Simon Fontaine⁴, William Lambert⁴,
Aude Simongiovanni⁴, Sébastien Fournel³, Marie-Pierre Létourneau-Montminy¹**

¹ Département des Sciences animales, Université Laval, G1V0A6, Québec, QC, Canada,

² INRAE, Université de Tours, BOA, 37380, Nouzilly, France

³ Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, G1V0A6, Québec, QC, Canada,

⁴ METEX Animal Nutrition, 75017, Paris, France

marie-pierre.letourneau-montminy.1@ulaval.ca

RÉSUMÉ

La réduction de la teneur en protéines brutes (PB) des aliments des poulets de chair, peut permettre de réduire les pertes d'azote (N) par volatilisation et d'améliorer l'autonomie protéique des territoires qui importent leurs matières premières protéiques, généralement le tourteau de soja (TS). Dans la plupart des essais sur la baisse de la PB, les effets des teneurs en PB et en TS sont confondus. L'objectif de cette étude était donc d'étudier l'effet d'une diminution de la PB à différents niveaux d'incorporation de TS sur les performances de croissance des poulets et la volatilisation de l'azote. Au total, 2961 mâles Ross 308 âgés d'un jour ont été répartis aléatoirement dans 63 parquets. Après avoir reçu le même aliment de démarrage, 7 régimes expérimentaux ont été utilisés : un régime témoin (R1) ainsi que 6 régimes expérimentaux croisant deux niveaux de réduction de PB (-15 et -30 g/kg) et 3 stratégies d'inclusion du TS (sans contraintes d'inclusion, sans TS, et intermédiaire). La volatilisation de l'azote a été déterminée par bilan massique. Sur l'ensemble de la période expérimentale (J11-J35), les performances de croissance n'ont pas été affectées par la teneur en PB, alors que la réduction de l'inclusion de TS a réduit le gain. La réduction de la teneur en PB a diminué l'excrétion de l'azote indépendamment de la teneur en TS ($P < 0,001$). L'azote volatilisé a été diminué par la diminution de l'inclusion de TS ($P < 0,001$), en lien avec une réduction du pH de la litière ($P < 0,001$). Ces résultats montrent qu'il est possible de réduire simultanément la teneur en PB de 30 g/kg et la teneur en TS de 140 g/kg sans nuire aux performances des animaux et en diminuant les pertes d'azote par volatilisation.

ABSTRACT

Reduction in crude protein content and soybean meal inclusion: what effects on performance and nitrogen emissions in broiler chickens?

Reducing the crude protein (CP) content of broiler chicken feed can help to reduce nitrogen (N) losses through volatilisation and improve the protein autonomy of territories that import their protein raw materials, typically soybean meal (SBM). In most trials on CP reduction, the effects of CP and SBM contents are confounded. The aim of this study was therefore to investigate the effect of decreasing CP at different levels of SBM incorporation on growth performance and N volatilisation. A total of 2961 one-day-old Ross 308 males were randomly distributed into 63 pens. After receiving the same starter feed, 7 experimental diets were used: a control diet (R1) and 6 experimental diets crossing two levels of CP reduction (-15 and -30 g/kg) and 3 SBM inclusion strategies (unrestricted inclusion, without SBM, and intermediate). Nitrogen volatilisation was determined by mass balance. Over the whole experimental period (11-35 days), growth performance was not affected by the CP level, whereas reducing TS inclusion decreased the gain. The reduction in CP content decreased N excretion regardless of SBM content ($P < 0.001$). Volatilised N was decreased by the decrease in SBM inclusion ($P < 0.001$), linked to a reduction in litter pH ($P < 0.001$). These results show that it is possible to simultaneously reduce the CP content by 30 g/kg and the SBM content by 140 g/kg without harming animal performance and while reducing N losses through volatilisation.

INTRODUCTION

Les filières avicoles doivent continuer à mettre en place des stratégies pour répondre à l'augmentation de la demande en viande de volaille, tout en maintenant les diminutions de leurs impacts environnementaux et en répondant aux attentes des consommateurs en termes de bien-être animal et de production sans antibiotiques. La réduction de la teneur en protéines brutes (PB) de l'aliment est l'une des stratégies alimentaires proposées pour améliorer la durabilité de la filière. Une réduction de la teneur en PB de l'aliment de 10 g/kg réduit les pertes d'azote (N) par volatilisation d'environ 20 % (Wiedeman *et al.*, 2016 ; Elwinger *et al.*, 1996). Comme environ 40 % de l'azote est volatilisé sous forme d'ammoniac (NH₃ ; Méda *et al.*, 2015 ; Guiziou et Béline, 2005), cette réduction de la quantité d'azote volatilisé permet de diminuer les impacts environnementaux associés à ce gaz comme l'acidification et l'eutrophisation. De plus, la diminution de l'apport en PB peut également améliorer la qualité de l'air en réduisant la concentration en NH₃ et réduit l'occurrence des pododermatites en raison de litières plus sèches (Naseem et King, 2018 ; Minussi *et al.*, 2021 ; Alfonso-Avila *et al.*, 2022). En pratique, la diminution de la teneur en PB se fait en diminuant la proportion de tourteau de soja (TS). L'inclusion d'acides aminés (AA) libres augmente alors pour couvrir les besoins en AA indispensables et maintenir les performances de croissance des poulets (de Rauglaudre *et al.*, 2023). Par ailleurs, la réduction de la teneur en TS permet d'augmenter l'indépendance protéique des territoires importateurs (e.g., Europe et Chine). Cela peut donc également aboutir à une diminution de l'impact sur le changement climatique de l'aliment lorsque ce TS est associé à des impacts de changement d'usage des sols, comme la déforestation (Méda *et al.*, 2019). Les intérêts de la réduction de la teneur en PB sont donc à la fois liés à la diminution des pertes d'azote par volatilisation et à la réduction de l'utilisation du TS. Cependant, la teneur en PB et l'inclusion de TS étant hautement corrélées, il est difficile de dissocier leurs effets propres. L'objectif de cette étude était donc d'évaluer l'effet de la réduction de la PB à différents niveaux d'inclusion de TS sur les performances zootechniques, la composition de la litière et la volatilisation de l'azote.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Animaux et traitements expérimentaux

A J1, 2961 poulets Ross 308 mâles ont été répartis dans 63 parquets (3,6 m²) et ont reçu le même aliment de démarrage jusqu'à J10. Ensuite, chaque parquet a été affecté aléatoirement à l'un des sept régimes expérimentaux sur les périodes de croissance (C ; J11-J22) et de finition (F ; J23-J34). Les aliments du régime témoin (R1) contenaient 204 et 195 g/kg de PB en C et F, respectivement (Tableau 1). Les aliments des six autres régimes ont été formulés avec des teneurs en PB réduites par rapport au régime R1

de 15 g/kg (R2 à R4) ou de 30 g/kg (R5 à R7), avec des taux d'incorporation de TS libre (non fixé lors de la formulation ; R1, R2 et R5) ou de 0 % (sans TS ; R4 et R7). Les aliments des stratégies R3 et R6 ont ensuite été obtenus par mélange (50/50) respectif des formules R2 et R4 ou R5 et R7.

1.2. Performances zootechniques et composition corporelle

Le poids vif (PV), la mortalité et la consommation totale d'aliments ont été mesurés par parquet pour chacune des deux périodes expérimentales. Afin de déterminer la composition corporelle des oiseaux, neuf poulets par traitement (1/parquet) ont été scannés sous anesthésie au J22 par absorptiométrie à rayons X biphotonique (DXA, Discovery W; Hologic Inc., Waltham, MA, UA) puis les mêmes animaux ont été euthasés au J35 et congelés pour être scannés. Après une mise à jeun de 3 h maximum, l'anesthésie a été induite avec du sévoflurane (5 à 8 %) et de l'isoflurane (3 à 5 %), puis maintenue avec du sévoflurane (3 à 4 %) et de l'isoflurane (0,8 à 2,5 %). Les teneurs des différents gaz ont été adaptés en fonction du comportement de chaque animal (e.g., vitesse d'endormissement et rythme respiratoire).

1.3. Volatilisation et utilisation de l'azote

La quantité d'azote volatilisée a été calculée, pour chacun des parquets, comme la différence entre les flux entrants (poussins + copeaux+ aliments) et sortants (fumier + poulets morts et abattus). Pour cela, les litières ont été pesées et analysées au début et à la fin de l'essai. La teneur en N des poussins est issue de la littérature (Caldas *et al.*, 2019 ; Noy *et al.*, 1999). La quantité de N contenue dans les poulets vivants et morts a été recalculée avec les données de composition corporelle issues des mesures du DXA scan.

1.4. Analyses statistiques

Les différents tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel R (version 4.3.1). Les effets de la teneur en PB ont été étudiés, pour les régimes avec des taux d'incorporation de TS libre, en comparant par contraste les régimes R1 R2 et R5. Les effets de l'inclusion de TS ont été testés en comparant par contraste les régimes R2, R3, R4, R5, R6 et R7. Les moyennes des régimes ont également été comparées deux à deux avec un ajustement de Bonferroni. L'unité statistique était le parquet pour tous les critères (9/traitement) sauf pour la composition par scan (9 poulets/traitement).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Performances zootechniques

Durant la phase de croissance, le gain moyen quotidien (GMQ ; P<0,01) et la consommation moyenne journalière (CMJ) ont été diminués (P<0,01)

par la réduction de la PB, sans effet sur l'indice de consommation (IC ; Tableau 2) qui a été augmenté par la diminution de l'inclusion du TS ($P<0,05$). Durant la phase de croissance, l'effet de l'inclusion du TS sur le GMQ était plus important lorsque la PB était diminuée de 30 g/kg ($P<0,05$). En période de finition, la PB n'a pas affecté les performances de croissance alors que la réduction de l'inclusion du TS a diminué le GMQ ($P<0,01$). En moyenne, sur toute la phase expérimentale (entre J10 et J35), le GMQ et le PV à l'abattage ont été réduits par la diminution de la teneur en TS ($P<0,001$). L'effet de l'inclusion du TS sur le GMQ entre J10 et J35 et le PV à l'abattage était numériquement plus important lorsque la PB était réduite de 30 g/kg ($P=0,05$ et $P=0,08$). Comparativement au traitement R1, seul le traitement R7 (-30 g PB/kg et sans soja) a entraîné une dégradation du poids vif à l'abattage. La mortalité n'a été impactée ni par la teneur en PB, ni par l'inclusion de TS.

Le GMQ et la CMJ ont été dégradées par la PB uniquement en période de croissance, montrant l'existence d'une potentielle interaction entre la teneur en PB et la période de croissance, en accord avec Alfonso-Avila *et al.* (2022) qui ont montré que la dégradation de l'IC était plus forte en croissance qu'en finition. L'absence d'effet de la PB sur toute la phase expérimentale (entre J10 et J35) montre par ailleurs que les poulets ont réussi à compenser la perte de gain en croissance. Ainsi, lorsque tous les AA indispensables sont contrôlés, la diminution de la PB ne mène pas à une réduction des performances zootechniques finales. L'effet négatif de la réduction de l'inclusion du TS pourrait ainsi être expliqué par la réduction de la BE (de 205 R1 à 167 mEq/kg pour le R7), en deçà de la plage optimale pour la croissance : 202 à 235 mEq/kg (Borges *et al.*, 2004). Le TS est, en effet, plus riche en potassium (K ; 23,8 g/kg base matière sèche [MS]) que le maïs (3,6 g/kg MS), le tourteau de canola (14 g/kg MS) et les drêches de distillerie de maïs (12 g/kg MS). La réduction de la teneur en K mène à une baisse de la balance électrolytique ($BE = [Na + K] - [Cl]$). Les performances de croissance ont également pu être dégradé du fait d'une connaissance moins précise de la teneur en AA digestibles du tourteau de canola et des drêches de maïs comparativement au tourteau de soja et au maïs.

2.2. Compositions des carcasses

En croissance et en finition, les régimes alimentaires n'ont pas d'effet sur la teneur en N et en lipides totaux des poulets (Tableau 2). Ces résultats sont en accord avec les données de Namroud *et al.* (2008), qui n'avaient également pas observé d'effet de la teneur en PB sur la teneur en N du gain. Classiquement dans la littérature, la quantification de l'engraissement repose sur l'évaluation du dépôt de gras abdominal. L'augmentation du gras abdominal en réponse à la diminution de la teneur en PB a été largement validé (de Rauglaudre *et al.*, 2023). La différence d'effet de

la PB sur le gras total et le gras abdominal pourrait être expliqué par une plus forte sensibilité de cette variable comparativement au gras total. Par ailleurs, il a été constaté que le gras intra-musculaire du filet ne fluctuait pas en fonction de la teneur en PB (Benhamed *et al.*, 2023).

2.3. Litières et flux d'azote

La diminution de la teneur en PB a conduit à une diminution de la quantité d'azote ingéré et excrété ($P<0,001$; Tableau 3). L'effet de la PB sur l'excrétion d'azote s'est traduit par une diminution de la teneur en N et en N ammoniacal (TAN) de la litière ($P<0,001$). Comme ni la teneur en N corporelle et ni le gain n'ont été affectés par la PB, l'efficacité d'utilisation de l'azote ingéré a augmentée (de 50 à 57% ; $P<0,001$). La MS de la litière n'a pas été affectée par les régimes alimentaires, alors que les effets de la PB et de la BE sur cette dernière sont bien décrits dans la littérature (Alfonso-Avila *et al.*, 2022 ; Quiniou et Narcy, 2019). L'humidité de la litière étant le résultat de l'interaction de nombreux facteurs comme la ventilation, les conditions environnementales et le type de bâtiment (Dunlop *et al.*, 2016), il est possible qu'une de ces variables ait masqué l'effet des régimes alimentaire testés. Cette absence d'effet de la PB sur la matière sèche de la litière pourrait expliquer pourquoi, contrairement aux résultats rapportés dans la littérature, la teneur en PB n'a diminué que numériquement les pertes d'azote par volatilisation : -5 % pour 10 g/kg de PB en moins. Le pH de la litière, une des principales variables de modulation de la volatilité de l'azote excrété, a en revanche été réduit par la diminution de l'inclusion du TS ($P<0,05$; Tableau 3). Cela expliquerait comment la réduction de l'inclusion de TS a diminué la volatilisation d'azote ($P<0,01$). Cette réduction de l'émission d'azote est perceptible dans l'augmentation de la teneur en TAN de la litière en réponse à la réduction de l'inclusion du TS ($P<0,01$).

CONCLUSION

Malgré un faible nombre de matières premières disponibles en contexte québécois pour remplacer le TS, il a été possible de diminuer la PB de 30 g/kg et de réduire la teneur en TS d'environ 140 g/kg (-64 %) par rapport au régime R1 sans dégrader les performances de croissance et en diminuant la quantité d'azote perdu par volatilisation de 34 %. Il a également été possible d'éliminer totalement l'inclusion de TS dans l'aliment en diminuant simultanément la PB de 15 g/kg, ce qui a permis de diminuer les pertes d'azote par volatilisation de 40 %. Dans cet essai, la volatilisation de l'azote a surtout été affectée par l'inclusion de TS, par le biais du pH de la litière, la teneur en PB ayant eu peu d'effet. Cela montre l'effet et l'existence d'autres facteurs, qui peuvent limiter certains bénéfices, comme l'augmentation de la MS de la litière. Enfin, en réduisant les pertes d'azote par volatilisation et l'utilisation du TS, les réductions de la PB et du TS

ont permis d'augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'azote à l'échelle de l'animal et de la ferme, tout en améliorant la durabilité de la production.

animal nutrition (France). Les auteurs remercient également le personnel Centre de recherche en sciences animale de Deschambault (CRSAD, QC, Canada) et de l'Université Laval (QC, Canada).

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier d'Agriscience (Canada, bourse ASP-136) et de Metex

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alfonso-Avila A. R., Cirot O., Lambert W., Létourneau-Montminy M. P., 2022. *Animal*, (16), 100458.
- Belloir P., Méda B., Lambert W., Corrent E., Juin H., Lessire M., Tesseraud S., 2017. *Animal*, (11), 1881- 1889
- Benahmed S., Askri A., de Rauglaudre T., Létourneau-Montminy M. P., Alnahhas N., 2023. *Poultry Sci.*, (102), 103041.
- Borges S.A., Fischer da Silva A.V., Moura A.S.A.M.T., Maiorka A., Ostrensky A., 2004. *Int. J. Poult. Sci.*, (3), 623-628.
- Caldas J. V., Boonsinchai N., Wang J., England J. A., Coon C. N., 2019. *Poultry Sci.*, (98), 866-877.
- de Rauglaudre T., Méda B., Fontaine S., Lambert W., Fournel S., Létourneau-Montminy M. P., 2023. *Front. Anim. Sci.*, (4), 1214076.
- Dunlop M. W., Moss A. F., Groves P. J., Wilkinson S. J., Stuetz R. M., Selle P. H., 2016. *Sci. Total. Environ.*, (562), 766-776
- Elwinger K., Svensson L. 1996. *J Agr Eng Res*, (64), 197-208.
- Guiziou F., Béline F., 2005. *Bioresource technol.*, (96), 203-207.
- Méda B., Tesseraud S., Lambert W., Tormo E., Juin H., Lessire M., 2019. *JRA-PFG* (13) 496-500.
- Minussi I., Lambert W., Létourneau-Montminy M. P., 2021. *Proc. World. Poult. Cong*, (1), 540.
- Namroud N. F., Shivazad M., Zaghari M., 2008. *Poult. Sci.*, (87), 2250-2258.
- Naseem S., King A. J., 2018. *Environ. Sci. & Pollut. R.*, (25), 15269-15293.
- Noy Y. A. E. L., Sklan D., 1999. *Poultry Sci.*, (78), 1750-1756.
- Quiniou N., Narcy A. 2019. *JRA-PFG*, (13), 145-156.
- Wiedemann S. G., Phillips F. A., Naylor T. A., McGahan E. J., Keane O. B., Warren B. R., Murphy C. M., 2016. *Anim Prod Sci*, (56), 1404-1417.

Tableau 1. Composition (g/kg) et caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux. Les régimes R3 et R6I ont été obtenus respectivement par mélange (50/50) des aliments des régimes R2 et R4 ou R5 et R7 et ne sont pas présentés.

Période Protéines brutes Tourteau de soja Régime alimentaire	Croissance (J11-J23)					Finition (J23-J35)				
	Témoin	-15 g/kg		-30 g/kg		Témoin	-15 g/kg		-30 g/kg	
	Oui	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Non
	R1	R2	R4	R5	R7	R1	R2	R4	R5	R7
Maïs	524,5	555,0	511,7	590,5	578,2	550,7	587,8	542,1	623,7	610,7
Blé	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Drêches de maïs	50,0	50,0	100,0	50,0	100,0	50,0	50,0	100,0	50,0	100,0
Gluten de maïs, 60 %	40,0	25,0	25,0	-	21,0	40,0	25,0	25,0	-	21,0
Tourteau de soja	230,0	190,0	-	167,0	-	211,0	183,0	-	150,0	-
Tourteau de canola	22,0	42,0	208,0	47,0	146,0	17,0	20,0	179,0	35,0	116,0
Huile de soja	-	-	11,0	-	-	1,0	-	12,0	-	-
Carbonate de calcium	11,8	11,8	11,8	12,0	12,6	10,6	10,8	10,8	11,0	11,8
Phosphate monocalcique	8,6	8,6	6,0	8,6	7,2	6,8	7,0	4,6	7,0	5,6
NaCl	3,0	3,0	2,2	3,0	2,1	3,0	3,0	2,2	2,9	2,1
Sodium bicarbonate	1,4	2,4	2,8	3,2	3,4	1,4	1,4	3,4	1,6	3,8
Lysine sulfate, 70 %	3,0	4,4	8,2	5,6	9,8	3,2	4,4	8,0	5,6	9,6
DL-Méthionine, 99 %	1,7	2,0	1,6	2,6	2,1	1,5	2,0	1,5	2,5	2,1
Thréonine, 98 %	0,8	1,4	1,9	2,0	2,6	0,8	1,3	1,8	2,0	2,5
Tryptophane, 98 %	-	-	-	-	0,3	-	-	0,1	-	0,3
L-Isoleucine, 98,5 %	-	0,2	1,2	0,9	1,9	-	0,2	1,2	1,0	1,9
L-Arginine, 98,5 %	-	0,6	2,6	1,5	3,8	-	0,7	2,6	1,7	3,8
Glycine, 98 %	-	-	1,4	1,5	3,1	-	-	1,4	1,6	3,1
L-Histidine-HCL, 98,5 %	-	-	0,5	0,2	0,9	-	-	0,5	0,2	0,8
L-Valine, 96,5 %	-	0,3	0,9	1,2	1,8	-	0,3	0,9	1,2	1,8
Prémix + enzymes	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,0	3,1	3,0	3,0	3,0

Protéines brutes (g/kg)	204	190	190	175	175	195	180	180	165	165
Lysine digestible (g/kg)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,1	9,6	9,5	9,5	9,5	9,5
EMAn ¹ (kcal/kg)	3010	3010	2999	3010	3009	3050	3057	3049	3055	3056
BE ² (mE/kg)	212	210	180	210	169	202	190	179	181	166

¹EMAn : énergie métabolisable corrigée pour la rétention azotée ; ²BE : balance électrolytique.

Tableau 2. Performances zootechniques, et composition corporelle des poulets en fonction des régimes alimentaires variant selon la teneur en protéines brutes (PB) et en tourteau de soja (TS).

	Régime alimentaire							P-value		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	PB ¹	TS ²	TS×PB
<u>Performances J10-J23</u>										
GMQ (g/d)	72,7 ± 3,16 ^a	69,9 ± 2,05 ^{a,b}	69,2 ± 1,88 ^{a,b}	68,5 ± 2,13 ^b	69,4 ± 1,58 ^b	68,5 ± 1,95 ^b	67,7 ± 1,34 ^b	<0,01	NS	NS
CMJ (g/d)	104,1 ± 5,11	99,8 ± 4,1	101,9 ± 3,07	99,1 ± 3,19	100 ± 2,1	100,4 ± 2,54	99 ± 1,7	<0,01	NS	NS
IC (g/g)	1,433 ± 0,05	1,429 ± 0,075	1,473 ± 0,042	1,448 ± 0,021	1,441 ± 0,024	1,467 ± 0,024	1,463 ± 0,017	NS	<0,05	NS
<u>Performances J23-J35</u>										
GMQ (g/d)	109,3 ± 6,67 ^{a,b}	112,1 ± 5,63 ^{a,b}	108,3 ± 4,6 ^{a,b}	109,1 ± 2,64 ^{a,b}	112,7 ± 5,32 ^{a,b}	113 ± 4,24 ^a	105,1 ± 3,09 ^b	NS	<0,01	<0,05
CMJ (g/d)	196,8 ± 23,47	192,3 ± 12,63	187,8 ± 12,45	186,6 ± 9,57	197,5 ± 18,68	190,7 ± 16,09	188,4 ± 9,85	NS	NS	NS
IC (g/g)	1,797 ± 0,126	1,717 ± 0,116	1,736 ± 0,123	1,712 ± 0,114	1,75 ± 0,112	1,687 ± 0,094	1,794 ± 0,112	NS	NS	NS
<u>Performances J10-J35</u>										
GMQ (g/d)	91,7 ± 3,69	91,9 ± 3,07	89,6 ± 2,64	89,6 ± 1,8	91,9 ± 3,4	91,6 ± 2,13	87,2 ± 1,61	NS	<0,01	<i>t</i>
CMJ (g/d)	152,3 ± 12,61	147,9 ± 6,79	146,6 ± 7,11	144,6 ± 5,86	150,7 ± 10,19	147,4 ± 8,77	145,5 ± 5,15	NS	NS	NS
IC (g/g)	1,66 ± 0,094	1,611 ± 0,084	1,637 ± 0,071	1,614 ± 0,073	1,639 ± 0,07	1,608 ± 0,065	1,67 ± 0,065	NS	NS	NS
Poids vif J35 (g)	2573 ± 99,4 ^a	2581 ± 79,2 ^a	2528 ± 71,5 ^{a,b}	2521 ± 49,9 ^{a,b}	2577 ± 90,2 ^a	2575 ± 59,8 ^a	2459 ± 45,7 ^b	NS	<0,01	<i>t</i>
<u>Composition corporelle J23</u>										
N (g/kg)	28,9 ± 0,61	28,9 ± 0,63	28,8 ± 0,41	28,3 ± 0,87	28,6 ± 0,37	28,3 ± 0,6	28,5 ± 0,67	NS	NS	NS
Lipides (%)	9,7 ± 1,13	9,8 ± 0,84	10 ± 0,63	10,5 ± 1,02	10 ± 0,8	10,9 ± 0,73	10,4 ± 1,15	NS	NS	NS
<u>Composition corporelle J35</u>										
N (g/kg)	28,4 ± 1,22	28,2 ± 1,27	28,2 ± 1,14	28,7 ± 0,77	28,6 ± 0,7	28,3 ± 1,17	28,7 ± 0,8	NS	NS	NS
Lipides (%)	8,7 ± 1,74	8,8 ± 1,89	8,8 ± 1,67	8,2 ± 1,12	8,3 ± 1	8,8 ± 1,9	8,2 ± 1,12	NS	NS	NS

¹PB : Protéines brutes, ²TS : Tourteau de soja, *t* : *P*<0,1

Tableau 3. Composition finale de la litière et bilan azoté entre J0 et J35 en fonction des régimes alimentaires variant selon la teneur en protéines brutes (PB) et en tourteau de soja (TS).

	Régime alimentaire							P-value		
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	PB ¹	TS ²	TS×PB
<u>Litière à J35</u>										
Matière sèche (g/kg)	71 ± 5,2	69 ± 4,7	66 ± 8,8	67 ± 4,3	69 ± 6,7	71 ± 7,2	73 ± 6,2	NS	NS	NS
N (g/kg)	26 ± 2,9 ^a	23 ± 1,5 ^{a,b}	22 ± 2,8 ^b	23 ± 1,6 ^{a,b}	22 ± 1,7 ^b	22 ± 2 ^b	23 ± 1,6 ^{a,b}	<0,01	NS	NS
pH	8,5 ± 0,24	8,4 ± 0,5	8,2 ± 0,59	8,1 ± 0,35	8,4 ± 0,17	8,2 ± 0,34	7,9 ± 0,34	NS	<0,05	NS
TAN ³ (g/kg)	3 ± 0,43 ^a	2,9 ± 0,18 ^{a,b}	3,1 ± 0,41 ^a	3,2 ± 0,41 ^a	2,3 ± 0,38 ^b	2,7 ± 0,34 ^{a,b}	2,9 ± 0,26 ^{a,b}	<0,01	<0,01	NS
Ratio TAN/N (%)	12 ± 2,6	12 ± 1,1	14 ± 2,8	14 ± 1,1	11 ± 2,1	12 ± 2,3	13 ± 1,7	NS	<i>t</i>	NS
<u>Bilan azoté (J0-J35)</u>										
N ingéré (g/kg gain)	52,2 ± 2,4 ^a	48,4 ± 1,62 ^{b,c}	49,2 ± 0,78 ^b	49,1 ± 1,84 ^b	46,7±1,71 ^{b,c,d}	45,1 ± 1,43 ^d	45,5 ± 1 ^{c,d}	<0,001	NS	<i>t</i>
N retenu (% N ingéré)	49,7 ± 1,97 ^d	53,0 ± 1,93 ^c	52,3 ± 0,76 ^{c,d}	53,8 ± 1,63 ^{b,c}	56,3 ± 1,99 ^{a,b}	56,9 ± 1,86 ^a	57,5 ± 1,12 ^a	<0,001	NS	NS
N excrété (g/kg gain)	26,3 ± 2,25 ^a	22,8 ± 1,73 ^{b,c}	23,5 ± 0,68 ^b	22,7 ± 1,63 ^{b,c}	20,4 ± 1,69 ^{c,d}	19,5 ± 1,44 ^d	19,4 ± 0,92 ^d	<0,001	NS	NS
N volatilisé (g/kg gain)	7,4 ± 2,13 ^a	6,6 ± 1,5 ^{a,b}	6,5 ± 1,74 ^{a,b}	4,4 ± 1,86 ^{a,b}	6,3 ± 2,37 ^{a,b}	4,9 ± 1,75 ^{a,b}	3,9 ± 1,32 ^b	NS	<0,01	NS

¹PB : Protéines brutes, ²TS : Tourteau de soja, ³TAN : azote ammoniacal, *t* : *P*<0,1