

# IMPORTANCE DE LA SOURCE PROTEIQUE DANS LA VALORISATION D'ALIMENTS COMPLETS (PERFORMANCES ET DIGESTIBILITE) SELON LA CEREALE MAJORITAIRE CHEZ LE POULET DE CHAIR

Danel Justine<sup>1</sup>, Saliez Nathalie<sup>2</sup>, Traineau Maxime<sup>3</sup>, Vilariño Maria<sup>3</sup>, Launay Claire<sup>4</sup>, Margetyal Carole<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ARVALIS, Rue de L'Etang, GranCastel, 56800 Ploërmel, France,

<sup>2</sup> ADM Animal Nutrition, Route de Talhouët, 56250 Saint-Nolff, France,

<sup>3</sup> ARVALIS, Station Expérimentale, 2 Pouline, 41100 Villerable, France,

<sup>4</sup> ADM Animal Nutrition, Rue de l'Eglise, Chierry, 02402 Château-Thierry, France

[j.danel@arvalis.fr](mailto:j.danel@arvalis.fr)

## RÉSUMÉ

Des recherches antérieures ont montré une réduction de la valeur énergétique des régimes à base de Tourteau de Colza (TC) probablement expliquée par une interaction négative avec le blé. Deux essais ont été menés pour observer l'effet de l'incorporation de TC par rapport au Tourteau de Soja (TS) dans des aliments à base de blé ou de maïs, sur les performances (essai 1) et la digestibilité (essai 2) de poulets de chair ROSS 308. Les 4 aliments évalués ont été formulés pour avoir des valeurs nutritionnelles équivalentes (énergie, protéines et principaux acides aminés digestibles). Les dispositifs étaient constitués de 14 parquets de 20 poulets par aliment (essai 1) et de 12 poulets en individuel par aliment (essai 2). Dans les deux essais (lieux différents), les mêmes aliments ont été évalués. Après une période de démarrage commune (J0-J9), les animaux ont reçu les régimes expérimentaux pendant les phases de croissance (J9-J21) et de finition (J21-J33). Les poulets ont été pesés à 0, 9, 21 et 33 jours. La consommation, le GMQ et l'IC ont été calculés. Dans l'essai 2, les digestibilités de l'amidon, de l'azote et la valeur énergétique ont été mesurées sur les quatre régimes de finition, avec une collecte des excréta de 25 à 28 jours. Essai 1 - En finition, la consommation et le GMQ sont plus élevés (+ 5 et + 11 % ;  $P < 0,001$ ) pour les aliments avec TS qu'avec TC, sans effet de la céréale. Ainsi, l'IC est dégradé de 0,10 point ( $P < 0,001$ ) pour les aliments avec TC par rapport à ceux avec TS. Essai 2 - Les mesures de performance montrent la même tendance que celles de l'essai 1. Les digestibilités de l'amidon sont élevées (> 97 %) et ne diffèrent pas entre aliments (NS). La digestibilité de la protéine est meilleure pour les aliments avec TS (+ 5 % en moyenne) qu'avec TC. Quant à la digestibilité de l'énergie, seul le régime Maïs/TC se différencie des autres ( $P < 0,01$ ) avec une valeur plus faible (-2 points). Ces essais montrent un effet négatif de l'incorporation de TC, malgré une formulation comparable, sur les performances de croissance et la digestibilité de la protéine. Le blé utilisé dans ces essais est, comme la plupart, bien digéré. L'hypothèse d'une interaction négative avec le TC ne s'est pas vérifiée.

## ABSTRACT

### Importance of the protein source in the valorisation of complete diets (performance and digestibility) according to the majority cereal in broiler chickens

Previous research has shown a reduction in the energy value of diets based on Rapeseed Meal (RSM) probably explained by a negative interaction with wheat. Two trials were carried out to observe the effect of incorporating RSM compared to Soybean Meal (SBM) in wheat or corn-based feeds, on performance (trial 1) and digestibility (trial 2) of broilers ROSS 308. The 4 diets evaluated were formulated to have equivalent nutritional values (energy, proteins, and main digestible amino acids). The experimental design was made of 14 sets of 20 chickens per feed (Trial 1) and 12 individual chickens per feed (Trial 2). In the two tests (different locations), the same diets were evaluated. After a common starter period (D0-D9), the animals received the experimental diets during the grower (D9-D21) and finisher (D21-D33) phases. Chickens were weighed at D0, D9, D21 and D33. Consumption, ADG and FCR were calculated. In trial 2, starch, nitrogen digestibility and energy value were measured on the four finishing diets from D25 to D28. Trial 1 - During the finisher period, consumption and ADG are higher (+5 and +11%;  $P < 0,001$ ) for diets with SBM compared to RSM without the effect of the cereal. Thus, the FCR is degraded by 0.10 point ( $P < 0,001$ ) for diets with RSM compared to those with SBM. Test 2 - The performance measurements show the same trend as those of test 1. Starch digestibility is high (>97%) and does not differ between diets (NS). Protein digestibility is better for diets with SBM (+5% on average) compared to RSM. As for energy digestibility, only the Corn/RSM diet differs from the others ( $P < 0.01$ ) with a lower value (-2 points). These tests show a negative effect of the incorporation of RSM, despite a comparable formulation, on growth performance and protein digestibility. The wheat used in these tests is well digested, like most. Thus, the hypothesis of its negative interaction with RSM was not confirmed.

## INTRODUCTION

De précédents travaux ont montré que la source de protéines dans l'aliment pouvait modifier la valeur nutritionnelle des céréales en poulet de chair, en particulier lorsque la céréale était le blé, en présence de tourteau de colza (-7 points de digestibilité de l'énergie avec tourteau de colza par rapport au tourteau de soja contre -3 points pour le maïs ; Métayer *et al.*, 2017). Ces interactions auraient, tout au moins théoriquement, des conséquences sur la précision de la formulation des aliments et donc sur les performances des animaux. Ces interactions entre matières premières remettraient en question le principe d'additivité utilisé en formulation.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'hypothèse d'une interaction négative entre matières premières, et particulièrement entre le blé et le tourteau de colza, sur les performances de croissance des poulets de chair et sur la valorisation des nutriments.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et aliments

Deux essais ont été conduits sur des poulets mâles de souche ROSS 308 avec des aliments issus du même lot de fabrication. L'essai 1, conduit au CRZA (ADM) à Chierry (02), a permis de mesurer les performances d'animaux logés au sol en groupes de 20 poulets (n=14 mesures par traitement). L'essai 2 a été réalisé à la station expérimentale d'ARVALIS de Villerable (41), pour mesurer la digestibilité des nutriments avec des mesures individuelles (n=12 mesures par traitement). Dans ce dernier, les performances ont pu être suivies avec des animaux hébergés d'abord en groupe, puis en individuel (pendant la période de bilan digestif J26 à J29). Dans les deux essais, les poulets ont reçu les mêmes aliments, soit un démarrage commun de J0 à J9 (22,4 % de protéines, et 2850 kcal/kg d'énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul (EMAn). Puis, ils ont consommé quatre aliments expérimentaux, d'abord croissance (J9 à J21) puis finition (J21 à J33), avec deux céréales majoritaires : blé (B) ou maïs (M) et deux sources de protéines majoritaires : tourteau de soja (TS) ou de colza (TC), pour créer quatre « profils » d'aliments : B/TC, B/TS, M/TC et M/TS. Ils ont été formulés iso-protéines (20,5 puis 18,5 %), iso-EMAn (2930 et 2980 kcal/kg) et iso principaux acides aminés digestibles, avec prise en compte de l'ajout d'enzymes. Pour obtenir un taux de fibres (parois végétales insolubles dans l'eau, NDF) proche, des tourteaux de tournesol (pailleux et Hipro) ont été ajoutés pour équilibrer les régimes TS. Le détail des formules est présenté au tableau 1.

Dans les deux essais, une mise en lots en fonction du poids corporel a été effectuée à J9.

Le protocole de l'essai de digestibilité a été évalué favorablement par le Comité d'Éthique n°19 et autorisés par le MESR conformément à la Directive

2010/63/UE relative à l'utilisation d'animaux à des fins scientifiques.

### 1.2. Mesures

Dans l'essai 1, l'unité expérimentale est le groupe. La consommation moyenne journalière (CMJ), le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation (IC) ont été mesurés pour les périodes de croissance (J9 à J21) et de finition (J21 à J33).

Dans l'essai 2, l'unité expérimentale est l'individu. Les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de l'aliment finition ont été mesurés en individuel de J26 à J29, pour l'azote (CUDa N), l'amidon et l'énergie (EMAn/EB, avec EB : énergie brute). La valeur d'EMAn des aliments a également été mesurée. La méthode de bilan digestif avec marqueur, sans mise à jeun (Métayer *et al.*, 2013) a été utilisée. Les excréta ont été lyophilisés puis broyés (grille Ø 0,5 mm) et analysés. Les consommations ont été suivies par groupe de trois poulets en période de croissance (J9 à J21) ainsi qu'en fin de période de finition (J29 à J33). Le suivi a été fait de façon individuelle pour les poids (J9, J21, J29, J33) et les consommations de J21 à J29.

### 1.3. Méthodes d'analyses

Pour les essais de digestibilité, les analyses sur les aliments ont été réalisées selon les méthodes suivantes : protéines (N\*6,25 - méthode Dumas, NF EN ISO 16634-1), amidon (méthode enzymatique NF V18-121), EB (à l'aide d'un calorimètre isopéribole C2000, NF EN ISO 9831), MG avec hydrolyse (MGb, méthode Randall, Norme NF EN ISO 11085). La composition des excréta (N protéique et total, amidon, EB) a été obtenue à l'aide d'équations de prédiction dans le proche infrarouge (SPIR) développées dans le cadre du projet CASDAR DigSPIR et après validation par les méthodes de références ci-dessus d'environ 2/7 des échantillons (Métayer *et al.*, 2015). La méthode de Terpstra et de Hart (1974) a été utilisée pour mesurer l'azote protéique des excréta et celle décrite par Short *et al.* (1996) pour le TiO<sub>2</sub>.

### 1.4. Analyses statistiques

L'effet de l'aliment sur les critères étudiés a été analysé par ANOVA. Les comparaisons de moyennes ont été effectuées à l'aide de la méthode des contrastes. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R Studio (v.2023.03.0).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Essai 1. Suivi des performances

Sur la période de croissance (J9-J21), quelle que soit la céréale, la CMJ est plus élevée avec le TS qu'avec le TC, ce qui a un impact direct et significatif sur la croissance (Tableau 2), sans effet de la céréale. Les mêmes observations peuvent être faites pour le GMQ. En revanche, l'IC des régimes B est légèrement

dégradé par rapport aux régimes M (+ 0,03 ;  $P < 0,001$ ), ceci s'explique par des valeurs de CMJ et de GMQ numériquement plus élevées avec maïs qu'avec blé, que ce soit avec le TS ou le TC, alors que seul le tourteau a un effet sur ces variables.

En période de finition (J21-J33), les résultats vont dans le même sens qu'en période de croissance. La présence de TC dans l'aliment entraîne une CMJ significativement plus faible qu'avec du TS (en moyenne - 9,3 g/j) et une croissance (GMQ) dégradée dans les mêmes proportions quelle que soit la céréale (en moyenne + 12,5 g/j). De plus, l'IC est dégradé en présence de TC dans l'aliment (+ 6 % en moyenne) par rapport aux aliments TS. Cela est dû au fait que la différence de CMJ est légèrement plus élevée qu'en phase de croissance, et celle de GMQ encore plus importante (12 % en finition contre 5 % en croissance).

Durant cette période de finition, nous avons ainsi observé un double effet négatif du TC par rapport au TS, sur les deux céréales : une consommation alimentaire plus faible pour les aliments avec TC, déjà observée lors de la phase précédente et une efficacité alimentaire dégradée (+6 %).

## 2.2. Essai 2. Digestibilité des aliments finition

Les aliments B/TC, B/TS et M/TS ont des CUD de l'énergie (EMAn/EB) significativement plus élevées que l'aliment M/TC (Tableau 3). En ce qui concerne l'EMAn, les valeurs sont supérieures pour les aliments B/TC et M/TS par rapport à M/TC, avec l'aliment B/TS donnant une valeur intermédiaire et statistiquement similaire aux autres, ce qui explique une interaction entre la céréale et la source protéique.

Les digestibilités de l'amidon des quatre aliments ne diffèrent pas statistiquement ( $P > 0,05$ ). Toutes les valeurs sont élevées et les moyennes sont très proches autour de 98 %. Ainsi, dans les conditions de cet essai, la valorisation de l'amidon est similaire, quels que soient les profils céréale et tourteau de l'aliment.

En revanche, la digestibilité de l'azote (CUDa N) est significativement différente ( $P < 0,001$ ) entre les aliments. Les protéines des aliments TS sont mieux valorisées que celles des aliments TC (82,7 vs. 78,6 % ;  $P < 0,001$ ). La différence entre les deux sources de protéine est plus importante dans le cas des régimes maïs que dans le cas des régimes blé (+ 5,6 vs. + 2,7 points), d'où l'interaction significative ( $P < 0,01$ ). Pour les aliments TS, l'aliment M/TS est mieux valorisé que l'aliment B/TS, alors qu'en base TC, l'aliment B/TC est mieux valorisé que M/TC. De façon surprenante, la céréale semble avoir un effet limité sur le CUDa N dans le cas des TS et plus élevé dans le cas des TC. La relation est moins claire entre B et M.

Selon la formulation, les aliments étaient iso-protéines mais pas iso-protéines digestibles. Les écarts de CUDa N ne s'expliquent pas que par la formulation. En effet, en calculant des CUDa N à partir des valeurs de protéines totales et de protéines digestibles

formulées, nous obtenons respectivement pour les aliments B/TC, B/TS, M/TC et M/TS : 80,5 – 83,2 – 81,1 et 84,3 %, soit une valeur formulée supérieure en moyenne de 1,1 point au mesuré, excepté pour M/TC (+3,3 points). Nous ne savons expliquer cette différence.

Des mesures de performances ont également été réalisées sur ces poulets en parallèle des mesures de digestibilité. En comparant les quatre aliments, les animaux des aliments TS ressortent comme ayant une consommation plus importante sur la période J21-J29, des poids plus élevés (J29, J33) tout comme les gains de poids (J21-J29, J29-J33). En revanche, au niveau des IC, seul le régime B/TC est statistiquement inférieur au M/TS.

Pour les poids vifs, aucune différence significative n'est mise en évidence à J21, ce qui est attendu avec une consommation d'aliments expérimentaux formulés iso distribués depuis J9. À J29 et J33, les poulets consommant les B/TS et M/TS, ont un poids significativement supérieur à ceux de l'aliment M/TC, les poulets de l'aliment B/TC ayant un poids intermédiaire. À J33, l'écart maximal est de 202 g entre les traitements M/TC et M/TS.

Dans ces résultats, une des principales différences est le positionnement de l'aliment B/TC sur laquelle notre hypothèse de départ reposait. Nous nous attendions à ce que les aliments avec blé soient moins bien digérés que ceux avec maïs et d'autant plus s'ils contenaient du TC. Sur la digestibilité de l'énergie et de l'azote, ainsi que de la valeur énergétique, l'aliment B/TC est comparable au M/TC, tous deux inférieurs aux aliments à base TS sur l'ensemble des critères.

## 2.3. Discussion

L'un des effets attendus, suivant l'hypothèse de départ, était une diminution de la digestibilité de l'amidon du régime B/TC, avec une conséquence sur l'EMAn, ce qui n'a pas été observé dans cet essai. Deux hypothèses pour expliquer cette absence de diminution : 1/ le lot de B n'est pas intrinsèquement difficile à digérer comme cela déjà pu être observé dans des essais précédents (Danel *et al.*, 2015), ou 2/ l'ajout d'enzymes a pu aider dans le processus digestif (Traineau, 2019). Le TC a bien produit un effet globalement négatif, d'abord sur la consommation d'aliment mais aussi sur la digestibilité de la protéine et de l'énergie, à des taux d'incorporation plutôt élevés dans cette étude. Ces effets ont été observés dans les deux essais avec des conséquences sur les performances des animaux. L'effet du remplacement du TS par le TC est différent dans le cas du blé et du maïs avec un effet positif pour le blé et négatif pour le maïs.

En revanche, ce qui était moins attendu, ce sont les mauvaises performances de l'aliment M/TC. Certes en partie dues au TC lui-même, mais probablement aussi aux différences de formulation avec le taux d'incorporation du TC le plus élevé (16 % vs. 14 %

dans l'aliment B/TC). Cet aliment était *in fine*, le moins riche en protéines digestibles et en EMAn, et de manière logique (au moins en partie), a donc donné les plus mauvaises performances. Il est possible que les observations faites sur les performances soient dues à un effet cumulatif de l'ingestion de TC.

Les différences de performances observées dans l'essai au sol ne semblent pas être expliquées par des différences de digestibilité de l'énergie (seul M/TC différent) ou de l'amidon ( $P>0,05$ ). Les régimes avec TS ont une meilleure valorisation des protéines, ce qui associé en plus à une consommation plus élevée va dans le sens d'un meilleur gain de poids. Ces observations ont également été faites sur les performances des poulets utilisés en essai de digestibilité. Cependant, il faut noter que par les choix faits en formulation, un écart de 0,5 point en moyenne existait déjà sur la teneur en protéines digestibles prévisionnelle des différents aliments.

L'impact négatif du TC sur la valorisation des aliments pourrait également venir des protéines non digestibles, les aliments avec TC en contenant plus. En effet, même si la teneur en MAT est similaire pour

tous, les CUDa N des aliments avec TS sont supérieurs à ceux des régimes avec TC. Ainsi, le GMQ des poulets (essai 1) diminue quand la part de protéines indigestibles consommées augmente dans le cadre de ces essais ( $R^2 = 0,94$ ).

Il est possible que certains monosaccharides provenant de la composition élémentaire des fibres forment des complexes avec les protéines et cela réduirait ainsi la valorisation des nutriments du TC, dont la protéine, et aussi de l'aliment dans lequel il est incorporé (Golebiewska *et al.*, 2022).

## CONCLUSION

Dans le cas d'un régime à base de blé, nous observons que l'effet négatif du TC sur les performances n'est certainement pas dû à son effet délétère sur le contenu énergétique mais surtout à la valorisation des protéines. Une consommation plus faible des aliments avec TC a été mise en évidence, malgré une valeur nutritionnelle mesurée moindre, alors que nous aurions pu nous attendre à une surconsommation. La question de la présence d'un facteur anti-nutritionnel dans les aliments à base de TC ou de mécanismes digestifs plus complexes se pose.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Danel J., Métayer J.P., Vilariño M., 2015. 11<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 25 et 26 mars, 509-513.
- Golebiewska K. F. A, Golebiewski D., 2022. Ann. of Anim. Sci., 22(4), 1163-1183.
- Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2013. 10<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 26-28 mars, 767-771.
- Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2015. 11<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 25-26 mars, 504-508.
- Métayer J.P., Danel J., Vilariño M., 2017. 12<sup>èmes</sup> JRA JRPFG Tours, 05-06 avril, 83-88.
- Short F.J., Gorton P., Wiseman J., Boorman K.N., 1996. Anim. Feed Sci. Tech., 59, 215-221.
- Terpstra K., De Hart N., 1974. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermitteikd., 32, 306-320.
- Traineau M., 2019. News@lim N°49. Newsletter ARVALIS.

**Tableau 2.** Résultats de l'essai 1. Performances de croissance (moyennes ajustées)

| Aliment<br>Critères | B/TC  | B/TS  | M/TC  | M/TS  | ETR   | ANOVA (1) |      |       |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|------|-------|
|                     |       |       |       |       |       | Ce        | SP   | Ce*SP |
| Poids J9            | 242   | 245   | 243   | 243   | 3,5   | NS        | NS   | NS    |
| Poids J21           | 965   | 1008  | 983   | 1014  | 12,4  | NS        | **   | NS    |
| Poids J33           | 2143  | 2341  | 2189  | 2373  | 25,4  | NS        | ***  | NS    |
| GMQ J9J21           | 60,1  | 63,5  | 61,2  | 64,2  | 0,86  | NS        | ***  | NS    |
| GMQ J21J33          | 97,9  | 110,3 | 100,6 | 113,1 | 1,31  | 0,07      | ***  | NS    |
| GMQ J9J33           | 78,8  | 86,7  | 80,7  | 88,5  | 1,03  | NS        | ***  | NS    |
| CMJ J9J21           | 85,3  | 89,3  | 85,1  | 88,4  | 1,07  | NS        | **   | NS    |
| CMJ J21J33          | 159,8 | 168,8 | 162,6 | 172,2 | 2,02  | NS        | ***  | NS    |
| CMJ J9J33           | 122,1 | 128,7 | 123,4 | 130,0 | 1,48  | NS        | ***  | NS    |
| IC J9J21            | 1,42  | 1,41  | 1,39  | 1,38  | 0,007 | ***       | 0,06 | NS    |
| IC J21J33           | 1,63  | 1,53  | 1,62  | 1,52  | 0,009 | NS        | ***  | NS    |
| IC J9J33            | 1,55  | 1,48  | 1,53  | 1,47  | 0,005 | **        | ***  | NS    |

B : Blé ; M : Maïs ; TS : Tourteau de soja ; TC : Tourteau de colza ; J : Jour ; GMQ : Gain Moyen Quotidien ; CMJ : Consommation Moyenne Journalière ; IC : Indice de Consommation ; ETR : Ecart-type résiduel ; Ce : Céréale ; SP : Sources de protéines ; (1) : modèle mixte avec comme effets fixes Ce et SP et comme effet aléatoire la case ; NS : Non significatif ; \* :  $P<0,05$  ; \*\* :  $P<0,01$  ; \*\*\* :  $P<0,001$ .

**Tableau 1.** Composition, caractéristiques prévisionnelles et mesurées des aliments finition expérimentaux (%)

|                                                         | Profil Aliment        | B/TC  | B/TS  | M/TC  | M/TS  |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Composition, %                                          | Blé                   | 52,49 | 54,68 | 9,80  | 9,80  |
|                                                         | Maïs                  | 9,80  | 9,80  | 47,41 | 48,44 |
|                                                         | Huile soja            | 4,41  | 3,43  | 4,26  | 3,43  |
|                                                         | TS 48                 | 11,76 | 15,68 | 16,17 | 20,38 |
|                                                         | TC                    | 14,70 | -     | 16,46 | -     |
|                                                         | TT                    | -     | 4,41  | -     | 5,88  |
|                                                         | TThp                  | -     | 4,41  | -     | 5,39  |
|                                                         | AMV                   | 6,84  | 7,59  | 5,90  | 6,68  |
| Caractéristiques nutritionnelles,<br>% MS ou kcal/kg MS | MS                    | 88,2  | 87,9  | 88,3  | 88,0  |
|                                                         | Protéines             | 21,0  | 20,9  | 21,0  | 21,0  |
|                                                         | Protéines digestibles | 16,9  | 17,4  | 17,0  | 17,7  |
|                                                         | EMAn Jeune - enzymé   | 3379  | 3395  | 3375  | 3387  |
|                                                         | MM                    | 5,1   | 5,3   | 5,3   | 5,5   |
|                                                         | P disp.               | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 4,0   |
|                                                         | Lys disp.             | 10,8  | 10,8  | 10,8  | 10,8  |
|                                                         | Met disp / Lys disp   | 0,46  | 0,46  | 0,46  | 0,47  |
|                                                         | Thr disp / Lys disp   | 0,65  | 0,65  | 0,65  | 0,65  |
|                                                         | Trp disp / Lys disp   | 0,20  | 0,20  | 0,19  | 0,20  |
|                                                         | NDF                   | 15,2  | 14,7  | 15,1  | 14,9  |
|                                                         | Parois                | 15,6  | 15,0  | 15,0  | 14,7  |
| Composition mesurée,<br>% ou kcal /kg MS                | Protéines             | 20,3  | 20,4  | 20,1  | 20,2  |
|                                                         | Amidon                | 44,7  | 45,6  | 42,9  | 48,5  |
|                                                         | MGb                   | 6,9   | 8,1   | 8,7   | 6,2   |

B : Blé ; M : Maïs ; TS : Tourteau de soja ; TC : Tourteau de colza ; TT : Tourteau de tournesol ; TThp : TT HiPro ; AMV : Aliment Minéral et Vitaminé (acides aminés, enzymes (phytase, xylanase et bêta-glucanase), minéraux, prémix ; marqueur indigestible : uniquement pour l'essai de digestibilité) ; MS : Matière Sèche ; EMAn : Energie Métabolisable apparente à bilan azoté nul ; EB : Energie Brute ; MM : Matières Minérales ; disp : disponible ; P : Phosphore ; Lys : Lysine ; Met : Méthionine ; Thr : Thréonine ; Trp : Tryptophane ; NDF : Fibres insolubles dans le détergent neutre ; Parois : Parois végétales insolubles dans l'eau ; MGb : Matières grasses, procédé avec hydrolyse.

**Tableau 3.** Résultats de l'essai 2. Digestibilité des aliments finition et performances de la période de bilan (moyennes ajustées)

| Critères              | Aliment | B/TC | B/TS | M/TC | M/TS | ETR | ANOVA (1) |      |       |
|-----------------------|---------|------|------|------|------|-----|-----------|------|-------|
|                       |         |      |      |      |      |     | Ce        | SP   | Ce*SP |
| CUD MS, %             |         | 69,5 | 70,0 | 66,6 | 70,0 | 0,6 | ***       | NS   | *     |
| CUD amidon, %         |         | 97,7 | 97,6 | 97,9 | 97,9 | 0,5 | NS        | NS   | NS    |
| CUDa N, %             |         | 79,4 | 82,1 | 77,7 | 83,3 | 0,5 | *         | ***  | **    |
| EMAn/EB, %            |         | 69,9 | 69,3 | 67,7 | 70,0 | 0,6 | **        | NS   | *     |
| EMAn, kcal/kg MS      |         | 3220 | 3156 | 3137 | 3211 | 29  | *         | 0,07 | **    |
| Consommation J21-J29  |         | 1122 | 1199 | 1099 | 1203 | 34  | NS        | *    | NS    |
| Gain de poids J21-J29 |         | 714  | 785  | 712  | 809  | 27  | NS        | *    | NS    |
| Poids J9              |         | 208  | 206  | 206  | 206  | 5   | NS        | NS   | NS    |
| Poids J21             |         | 903  | 927  | 888  | 903  | 24  | NS        | NS   | NS    |
| Poids J33             |         | 2088 | 2264 | 2060 | 2263 | 45  | NS        | **   | NS    |
| IC J21-J29            |         | 1,57 | 1,53 | 1,55 | 1,49 | 59  | NS        | NS   | NS    |

B : Blé ; M : Maïs ; TS : Tourteau de soja ; TC : Tourteau de colza ; CUD : Coefficient d'utilisation digestive ; MS : Matière Sèche ; a : apparent, N : Azote ; EMAn : Energie Métabolisable apparente à bilan azoté nul ; EB : Energie Brute ; ETR : Ecart-type résiduel ; Ce : Céréale ; SP : Sources de protéines ; (1) : modèle mixte avec comme effets fixes Ce et SP et comme effet aléatoire la cage ; NS : Non significatif ; \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$ .