

# INFLUENCE DE LA TENEUR EN ÉNERGIE ET EN LYSINE DES ALIMENTS SUR LES PERFORMANCES DU POULET DE CHAIR EN FINITION-RETRAIT

Guillou Timothée<sup>1</sup>, Crenn Edith<sup>2</sup>, Yang Bijie<sup>2</sup>, Gestin Olivier<sup>2</sup>, Quero Pauline<sup>1</sup> et  
Launay Claire<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ADM, Rue de l'Église 02400 CHIERRY, <sup>2</sup>ADM, Route de Talhouët 56250 SAINT-NOLFF

[bijie.yang@adm.com](mailto:bijie.yang@adm.com)

## RÉSUMÉ

Le coût alimentaire représente 60-70% du coût de production d'un poulet de chair. Compte tenu de la forte volatilité des prix des matières premières, l'efficacité alimentaire demeure un élément clé de la rentabilité de la production des poulets. En outre, avec la surexploitation des ressources de notre planète, l'amélioration de l'indice de consommation (IC) en volaille de chair apparaît aussi comme un facteur crucial pour soutenir la durabilité. Ce travail vise à évaluer l'intérêt de différentes approches nutritionnelles en période finition-retrait sur l'IC du poulet. Pour cette étude, 1440 poulets mâles Ross 308 sont répartis dans 60 cases. Tous les poulets reçoivent un programme d'alimentation commun jusqu'à J21. À partir de J22, les poulets sont répartis en 6 traitements de 10 répétitions de 24 animaux, avec un arrangement factoriel comprenant deux niveaux d'énergie métabolisable (EM ; Standard, Haut) et trois niveaux de lysine digestible (Lys dig : Bas, Standard, Haut). En phase de finition (22-28 jours), les niveaux d'énergie et de Lys dig testés sont respectivement 3020, 3160 kcal/kg et 0,93, 1,00 et 1,07% ; puis 3080, 3220 kcal/kg et 0,90, 0,97 et 1,04% en phase de retrait (29-35 jours). Les ratios (Met + Cys) dig:Lys dig et Thr dig:Lys dig sont similaires entre les traitements. Sur la période expérimentale globale (22-35 jours), l'ingéré alimentaire est significativement réduit par l'augmentation du niveau d'énergie (176,6 vs. 173,8 g/j ;  $P < 0,05$ ). Le GMQ et l'IC sont significativement influencés par l'interaction EM \* Lys dig ( $P < 0,05$ ). Au niveau d'EM « Standard », lorsque l'aliment est concentré en Lys dig, de la teneur basse à la teneur haute, une diminution de 3% de l'IC est observée (1,52 vs. 1,57) ; La diminution atteint 4% (1,49 vs. 1,55) au niveau d'EM « Haut ». Ainsi, l'augmentation du niveau de Lys dig permet d'améliorer l'IC, et cette amélioration est d'autant plus prononcée que le niveau d'EM est élevé. Ces résultats montrent qu'il est primordial de tenir compte de l'interaction entre l'énergie et la lysine digestible afin de maîtriser l'IC et donc le coût alimentaire.

## ABSTRACT

**Response of broiler chickens in the finisher and withdrawal phases to different levels of energy and lysine**  
Feed represents 60-70% of the production cost in broiler chicken. With the high volatility of raw material prices, feed efficiency remains a key element for the profitability. In addition, with the limited resources of our planet, the improvement of the feed conversion ratio (FCR) also appears as a crucial factor for sustainability. This work aims to evaluate the interests of different nutritional approaches during the finishing-withdrawal period on the FCR of broiler chickens. A total of 1440 male Ross 308 chicks were allotted to 60 floor pens. All birds received a common feeding program until 21 days of age. At 22 d, 6 treatments with 10 repetitions of 24 animals were assigned to a 2 x 3 factorial design, including 2 levels of metabolizable energy (ME; standard, high) and 3 levels of digestible lysine (dig Lys; low, standard, high). In the finisher phase (22-28 days), ME and dig Lys levels tested were 3020, 3160 kcal/kg and 0.93, 1.00 and 1.07%, respectively; then 3080, 3220 kcal/kg and 0.90, 0.97 and 1.04%, respectively, in the withdrawal phase (29-35 days). All diets were formulated to get similar dig (Met+Cys):dig Lys and dig Thr:dig Lys ratios. During 22 to 35 d period, increasing ME significantly reduced feed intake (176.6 vs. 173.8 g/d;  $P < 0.05$ ). A significant interaction between levels of ME and dig Lys was observed for weight gain and FCR ( $P < 0.05$ ). At the standard ME level, a 3% decrease in FCR (1.52 vs. 1.57) was observed as the dig Lys density of the diet was increased from the low to the high level; the reduction reached 4% (1.49 vs. 1.55) for the high ME content. Increasing the level of dig Lys allowed a better FCR, and this improvement was more pronounced at high ME level. These results show that it is essential to consider the interaction between ME and dig Lys in order to control the FCR and therefore the feed cost.

## INTRODUCTION

En novembre 2022, la Terre a accueilli son huit milliardième être humain. Et d'après les grands instituts internationaux, la population mondiale continuera à progresser jusqu'en 2050, pour culminer à 9,5 milliards de personnes environ (FAO, 2009). L'une des préoccupations majeures actuelles des productions animales est d'augmenter la productivité pour répondre à la demande croissante en protéines animales de manière plus durable et plus efficace, en minimisant leur impact sur l'environnement et les ressources naturelles. Pour relever ce défi, l'ajustement nutritionnel des formules d'aliments constitue un levier potentiel (Hume et al., 2011). Parmi les principaux types de viande, la volaille a connu le taux de croissance le plus élevé au cours des 50 dernières années (Windhorst, 2017). Et face à la hausse de la demande mondiale, la viande de volaille devrait continuer à être le principal secteur de croissance de la production totale de viande (Zampiga et al., 2021). Rappelons que le poulet domine largement les autres volailles en termes de production, puisqu'en 2018 il a représenté à lui seul 89% du volume de viande de volaille produit dans le monde (FAO, 2021). L'aliment peut représenter jusqu'à 70% du coût total de production d'un poulet de chair (Zampiga et al., 2018). Améliorer l'efficacité alimentaire des animaux est donc un élément clé pour réduire les coûts de production et accroître la rentabilité de la production avicole, d'autant plus lorsque les prix des matières premières agricoles sont à la hausse. Pour les volailles de chair, l'efficacité alimentaire s'exprime généralement avec l'indice de consommation (IC). L'IC correspond à la quantité d'aliment consommé par un animal pour produire un kg de viande en vif. L'optimisation de l'IC est un enjeu primordial pour plusieurs acteurs de la filière. Pour les éleveurs, cette optimisation aura un impact sur la rentabilité des exploitations ; et pour l'industrie agroalimentaire, améliorer l'efficacité alimentaire des poulets de chair impactera le positionnement de leur viande, vis-à-vis des autres sources de protéines.

Chez le poulet de chair, l'effet positif de l'augmentation du rapport acides aminés/énergie sur les paramètres de performances a été démontré (Chen et al., 2019), mais ce concept est plus connu chez le porc (Li et al., 2012). Dans la présente étude, nous avons évalué l'interaction de 2 niveaux d'énergie et 3 niveaux en acides aminés sur les performances du poulet en finition-retrait.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Design expérimental

Six régimes ont été testés sur la période finition-retrait (factoriel 2 x 3) incluant : 2 niveaux d'énergie métabolisable (EM), Standard et Haut, 3020 et 3160 kcal/kg en finition (22-28 j), 3080 et 3220 kcal/kg en retrait (29-35 j) ; et trois niveaux de lysine digestible

(Lys dig), Bas, Standard et Haut, 0,93, 1,00 et 1,07% en finition, 0,90, 0,97 et 1,04% en retrait. Les régimes ont été formulés de sorte à ce que les ratios (Met + Cys) dig:Lys dig et Thr dig:Lys dig soient similaires. Les compositions en matières premières et les caractéristiques nutritionnelles sont rassemblées dans le tableau 1.

### 1.2. Animaux

Un total de 1440 poussins mâles Ross 308 d'un jour ont été pesés et répartis dans 60 cases de 2 m<sup>2</sup>, soit 10 répétitions / traitement. Tous les animaux ont été nourris *ad libitum* avec les mêmes aliments démarrage (0-9 j ; miettes) et croissance (10-21 j ; miettes). A 21 j, les poulets ont été pesés pour vérifier l'homogénéité des poids vifs puis les régimes expérimentaux (granulés) ont été attribués aléatoirement.

### 1.3. Mesures

La teneur en protéine totale (méthode de Kjeldahl) et la granulométrie des aliments démarrage et croissance ont été mesurées. Pour les régimes en finition et retrait, la teneur en protéine totale, en lysine totale (méthode adaptée du règlement CE 152/2009) et la durabilité des granulés ont été analysées.

Les animaux ont été pesés en début d'expérience, puis à 9, 21, 28 et 35 j. La quantité d'aliment non consommé a également été mesurée à la fin de chaque phase d'alimentation. La consommation moyenne, le gain de poids moyen quotidien (GMQ) ainsi que l'IC ont été calculés pour chaque période.

### 1.4. Analyses statistiques

L'analyse des données de poids, de consommation et de conversion a été effectuée à l'aide du logiciel R (v4.0.3). Ces données collectives (individu statistique étant la case de 24 animaux) ont été analysées par une ANOVA à 2 facteurs (EM x Lys dig). Les moyennes ont été comparées par le test de comparaison multiple de Tukey.

## 2. RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Conformité des aliments

Pour la protéine totale et la lysine totale, les régimes expérimentaux en finition et en retrait ont présenté des teneurs analysées conformes aux valeurs théoriques. De plus, la durabilité des granulés était homogène pour l'ensemble des régimes.

### 2.2. Performances zootechniques en phase de finition (22-28 j)

Les résultats sur la performance sont rapportés dans le tableau 2. En finition, la consommation a été significativement réduite par l'augmentation de l'EM (-2,4% ;  $P = 0,002$ ). La capacité du poulet de chair à réguler sa consommation selon la quantité d'énergie contenue dans le régime alimentaire est bien connue (Ferket & Gernat, 2006). Plusieurs travaux ont montré qu'une diminution linéaire de la consommation

pouvait résulter d'une augmentation du niveau d'énergie de l'aliment (Massuquetto et al., 2020 ; Leeson et al., 1996). Une interaction significative a également été observée entre le niveau d'EM et celui de Lys dig sur le GMQ et l'IC ( $P = 0,014$  et  $P < 0,001$ , respectivement). À la teneur standard en EM (3020 kcal/kg), la teneur en Lys dig n'a pas eu d'effet sur le GMQ. Tandis qu'à la teneur haute en EM (3160 kcal/kg), le GMQ était significativement plus élevé au niveau standard de Lys dig en comparaison au niveau bas (108,8 vs. 103,3 g/j) ; et le niveau haut de Lys dig était intermédiaire (107,1 g/j). Concernant l'IC, l'interaction observée semble être de nature quantitative. Cependant, l'élévation du niveau de Lys dig à 1,00% (niveau standard) était suffisante pour améliorer l'IC, pour les régimes avec une teneur haute en EM. Alors que pour les régimes avec une teneur standard en EM, l'IC a été amélioré par une augmentation du niveau de Lys dig à 1,07% (niveau haut).

### 2.3. Performances zootechniques en phase de retrait (29-35 j)

Durant la phase de retrait, quel que soit le niveau énergétique les poulets ayant reçu un régime avec 0,90% de Lys dig avaient une consommation significativement plus élevée que ceux dont le régime contenait 1,04% de Lys dig ( $P = 0,038$ ). Ce résultat semble indiquer que les poulets régulent leur ingéré alimentaire en réponse à la concentration en acides aminés. Or, la régulation de l'ingéré est liée au nutriment le plus limitant de l'aliment (Gous, 2006). Le niveau d'EM, de Lys dig et leur interaction n'ont pas affecté de manière significative le GMQ et le poids à 35 j ( $P > 0,05$ ). Toutefois, ces deux paramètres ont eu tendance à se dégrader avec la baisse du niveau de Lys dig à 0,90% ( $P = 0,116$  et  $P = 0,108$ , respectivement). Une hypothèse serait que la teneur basse en lysine n'est pas suffisante pour garantir une croissance musculaire optimale, la lysine étant connue pour être un des acides aminés favorisant le plus le dépôt protéique musculaire (Tesseraud et al., 2014). De plus, des effets significatifs du niveau d'EM et de lysine ont été observés pour l'IC. L'augmentation du niveau d'énergie (de 3080 à 3220 kcal/kg) a permis de réduire l'indice de consommation de -2,5% ( $P = 0,002$ ) ; et l'augmentation du niveau de Lys dig (de 0,90% à 1,04%) a également réduit l'IC de -3,7% ( $P < 0,001$ ).

### 2.4. Performances zootechniques sur la période expérimentale globale (22-35 j)

Sur la période globale, un effet significatif de l'augmentation de l'EM sur la consommation a été observé (-1,6% ;  $P = 0,013$ ). En outre, le GMQ a été significativement influencé par l'interaction entre le niveau d'EM et celui de Lys dig ( $P = 0,028$ ), l'effet était similaire à celui déjà décrit en finition (22-28 j) avec une augmentation du GMQ concomitante à l'augmentation de la lysine dig pour le seul niveau haut d'énergie. L'IC a également été affecté de manière significative par l'interaction EM\*Lys dig ( $P = 0,004$ ). Pour les poulets nourris avec des régimes à teneur standard en EM, une augmentation du niveau bas au niveau haut de la Lys dig a significativement amélioré l'indice (1,57 vs. 1,52 ; -3,2%). Cette amélioration a été induite par un léger gain numérique sur le GMQ (+2,0 g/j), ainsi qu'une diminution de l'ingéré (-2,8 g/j ; NS). Quant aux poulets ayant reçu des régimes à teneur haute en EM, l'indice était significativement amélioré dès l'augmentation du niveau bas à standard de la Lys dig (1,55 vs. 1,49 ; -3,9%). Ce résultat s'explique par une augmentation significative du GMQ (+5,5 g/j). L'absence d'écart entre le niveau de Lys dig standard et haut (IC = 1,49) pourrait s'expliquer par le fait que la limite du potentiel de croissance ait été atteinte. En effet, les poulets nourris avec ces deux régimes ont présenté un poids moyen à 35 j supérieur de 10% et un IC amélioré de 6% par rapport à la référence standard de la souche (Aviagen, 2022).

## CONCLUSION

Globalement, les poulets ont présenté un niveau de performances très élevé dans cette étude. Sur la période finition-retrait, une augmentation du niveau d'énergie métabolisable de 140 kcal/kg a entraîné dans cet essai une amélioration de l'efficacité alimentaire (1,55 vs. 1,51 ; -2,6%) via une épargne sur l'ingéré. Concernant la modulation du niveau de lysine, pour le niveau d'EM standard une diminution de -3,2% de l'IC a été observée lorsque l'aliment était concentré, de la teneur basse à la teneur haute (+0,14 pt de Lys dig). Au niveau d'EM haut, la diminution de l'IC a atteint -3,9% quelle que soit la hausse de lysine (+0,07 ou +0,14 pt de Lys dig). Ainsi, l'augmentation du niveau de Lys dig permet d'améliorer l'IC, et cette amélioration est d'autant plus prononcée que le niveau d'EM est élevé. Il est probable que la limite du potentiel de croissance ait été atteinte pour les régimes avec la teneur la plus élevée en EM. La possibilité qu'un autre nutriment ait été limitant peut également être considérée.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aviagen, 2022. Broiler Performance Objectives, Accessed Nov. 2023.  
 Chen H., Van Eck L.M., Lamot D. M., Powell S., 2019. EAAP Sci. Ser., (138), 469-470.  
 FAO, 2009. Proceedings of the Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Accessed Nov. 2023.  
 FAO, 2020. Faostat, Accessed Nov. 2023.  
 Ferket P., Gernat, A., 2006. Poult. Sci. J., (10), 905-911.

Gous, R.M., 2007. Rev. Bras. de Zootec., (36), 263-275.  
Hume D.A., Whitelaw C.B.A., Archibald A.L., 2011. J. Agric. Sci., (149), 9-16.  
Li P., Zeng Z., Wang D., Xue L., Zhang R., Piao X., 2012. J. Anim. Sci. Biotechnol., (3).  
Leeson S., Caston L., Summers J.D., 1996. Poult. Sci., (75), 522-528.  
Massuquetto A., Panisson J.C., Schramm V.G., Surek D., Krabbe E.L., Maiorka A., 2020. Animal, (14), 1139-1146.  
Tesseraud S., Bouvarel O., Frayssé P., Métayer-Coustard S., Collin A., Lessire M., Berri C., 2014. INRA Prod. Anim., (27), 337-346.  
Windhorst H.W., 2017. In: Poultry Quality Evaluation: Quality (Elsevier edit.) Woodhead Publ., pp1.  
Zampiga, M., Flees, J., Meluzzi, A., Dridi S., Sirri F., 2018. J. Anim. Sci. Biotechnol., (9), 1-18.  
Zampiga M., Calini F., Sirri F., 2021. J. World's Poult. Sci., (77), 639-659.

**Tableau 1.** Composition en matières premières et caractéristiques nutritionnelles des régimes distribués

|                                  | Niveau d' EM                    | Démarrage<br>(0-9 j) | Croissance<br>(10-21 j) | Finition (22-28 j) |      |      |      | Retrait (29-35 j) |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                  |                                 |                      |                         | Standard           |      | Haut |      | Standard          |      | Haut |      |      |      |      |      |
|                                  |                                 |                      |                         | Bas                | Std  | Haut | Bas  | Std               | Haut | Bas  | Std  | Haut | Bas  | Std  | Haut |
| Matières premières (%)           |                                 |                      |                         |                    |      |      |      |                   |      |      |      |      |      |      |      |
|                                  | Maïs                            | 31,2                 | 32,9                    | 35,0               | 35,0 | 40,0 | 35,0 | 35,0              | 39,2 | 40,0 | 40,0 | 43,0 | 40,0 | 40,0 | 45,0 |
|                                  | Blé                             | 25,0                 | 28,0                    | 33,1               | 31,4 | 25,7 | 29,7 | 28,9              | 25,0 | 30,3 | 29,4 | 23,7 | 28,2 | 27,3 | 20,8 |
|                                  | Tourteau de soja                | 30,7                 | 24,9                    | 21,9               | 21,1 | 22,4 | 22,8 | 22,3              | 24,0 | 20,4 | 19,9 | 21,1 | 22,5 | 22,0 | 22,1 |
|                                  | Tourteau de tournesol           | 3,0                  | 2,0                     | 3,0                | 2,0  | 2,0  | 3,0  | 3,0               | -    | 2,0  | 2,0  | -    | -    | -    | -    |
|                                  | Tourteau de colza               | -                    | 2,0                     | -                  | -    | -    | -    | -                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                                  | Son de blé                      | -                    | -                       | -                  | -    | -    | -    | -                 | -    | -    | -    | 2,0  | -    | -    | -    |
|                                  | Drêches de maïs                 | -                    | -                       | -                  | 2,0  | -    | -    | -                 | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    |
|                                  | Huile de soja                   | 1,95                 | 2,90                    | 2,30               | 2,20 | 2,00 | 4,85 | 4,75              | 4,05 | 2,60 | 2,55 | 2,55 | 4,80 | 4,70 | 4,55 |
|                                  | Phosphate monocalcique          | 0,86                 | 0,67                    | 0,53               | 0,53 | 0,56 | 0,55 | 0,55              | 0,58 | 0,42 | 0,42 | 0,42 | 0,44 | 0,44 | 0,47 |
|                                  | Carbonate de calcium            | 0,59                 | 0,61                    | 0,41               | 0,45 | 0,58 | 0,44 | 0,43              | 0,43 | 0,41 | 0,35 | 0,37 | 0,37 | 0,40 | 0,36 |
|                                  | Sel                             | 0,24                 | 0,24                    | 0,24               | 0,23 | 0,24 | 0,24 | 0,24              | 0,25 | 0,24 | 0,20 | 0,20 | 0,25 | 0,23 | 0,19 |
|                                  | Bicarbonate de soude            | 0,15                 | 0,15                    | 0,15               | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15              | 0,15 | 0,15 | 0,21 | 0,22 | 0,15 | 0,17 | 0,23 |
|                                  | Prémélanges AAs <sup>1</sup>    | 4,91                 | 4,23                    | 1,97               | 3,54 | 4,97 | 1,87 | 3,28              | 4,94 | 2,28 | 3,77 | 5,24 | 2,09 | 3,56 | 5,10 |
|                                  | Prémix et additifs              | 1,40                 | 1,40                    | 1,40               | 1,40 | 1,40 | 1,40 | 1,40              | 1,40 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| Caractéristiques nutritionnelles |                                 |                      |                         |                    |      |      |      |                   |      |      |      |      |      |      |      |
|                                  | EM (kcal/kg) <sup>2</sup>       | 2930                 | 3010                    | 3020               | 3020 | 3020 | 3160 | 3160              | 3160 | 3080 | 3080 | 3080 | 3220 | 3220 | 3220 |
|                                  | Protéine brute (%) <sup>2</sup> | 22,0                 | 20,0                    | 18,5               | 18,5 | 18,6 | 18,5 | 18,5              | 18,5 | 17,6 | 17,6 | 17,7 | 17,6 | 17,6 | 17,6 |
|                                  | Lysine dig (g/kg) <sup>2</sup>  | 12,5                 | 11,2                    | 9,3                | 10,0 | 10,7 | 9,3  | 10,0              | 10,7 | 9,0  | 9,7  | 10,4 | 9,0  | 9,7  | 10,4 |
|                                  | (Met + Cys) dig/Lys dig         | 0,75                 | 0,75                    | 0,76               | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,76              | 0,76 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 | 0,78 |
|                                  | Thr dig/Lys dig                 | 0,66                 | 0,67                    | 0,68               | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68              | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 |

<sup>1</sup>AAs = Acides Aminés. Quatre prémélanges base blé ont été fabriqués pour les besoins de l' étude afin d' ajuster les teneurs en lysine, méthionine, thréonine et valine.

<sup>2</sup> Valeur calculée. EM = Energie Métabolisable.

**Tableau 2.** Performances zootechniques des poulets de chair

| EM         | Lys dig  | 0-21 j  |  | Finition (22-28 j) |                     |          |                    | Retrait (29-35 j)   |       |          |                   | Global (22-35 j)   |                     |                   |  |
|------------|----------|---------|--|--------------------|---------------------|----------|--------------------|---------------------|-------|----------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--|
|            |          | Poids   |  | Conso              | GMQ                 | Poids    | IC                 | Conso               | GMQ   | Poids    | IC                | Conso              | GMQ                 | IC                |  |
|            |          | 21j (g) |  | (g/j)              | (g/j)               | 28 j (g) | (g/g)              | (g/j)               | (g/j) | 35 j (g) | (g/g)             | (g/j)              | (g/j)               | (g/g)             |  |
| Standard   | Bas      | 1061    |  | 159,2              | 105,6 <sup>ab</sup> | 1803     | 1,51 <sup>a</sup>  | 197,7               | 121,5 | 2655     | 1,63              | 178,3              | 113,5 <sup>ab</sup> | 1,57 <sup>a</sup> |  |
|            | Standard | 1047    |  | 157,7              | 104,0 <sup>ab</sup> | 1786     | 1,52 <sup>a</sup>  | 194,5               | 122,5 | 2642     | 1,59              | 175,8              | 113,1 <sup>ab</sup> | 1,56 <sup>a</sup> |  |
|            | Haut     | 1051    |  | 157,6              | 107,8 <sup>ab</sup> | 1814     | 1,46 <sup>bc</sup> | 193,8               | 123,4 | 2677     | 1,57              | 175,5              | 115,5 <sup>ab</sup> | 1,52 <sup>b</sup> |  |
|            | Bas      | 1049    |  | 152,9              | 103,3 <sup>b</sup>  | 1781     | 1,48 <sup>b</sup>  | 195,7               | 121,0 | 2638     | 1,62              | 174                | 112,0 <sup>b</sup>  | 1,55 <sup>a</sup> |  |
| Haut       | Standard | 1058    |  | 156,5              | 108,8 <sup>a</sup>  | 1819     | 1,44 <sup>cd</sup> | 194,4               | 126,3 | 2705     | 1,54              | 175,4              | 117,5 <sup>a</sup>  | 1,49 <sup>c</sup> |  |
|            | Haut     | 1045    |  | 153,3              | 107,1 <sup>ab</sup> | 1810     | 1,43 <sup>d</sup>  | 191,2               | 124,4 | 2691     | 1,54              | 171,9              | 115,6 <sup>ab</sup> | 1,49 <sup>c</sup> |  |
| EM         |          |         |  |                    |                     |          |                    |                     |       |          |                   |                    |                     |                   |  |
| Standard   |          | 1053    |  | 158,1 <sup>a</sup> | 105,8               | 1801     | 1,50 <sup>a</sup>  | 195,3               | 122,5 | 2658     | 1,60 <sup>a</sup> | 176,6 <sup>a</sup> | 114,0               | 1,55 <sup>a</sup> |  |
| Haut       |          | 1051    |  | 154,3 <sup>b</sup> | 106,5               | 1804     | 1,45 <sup>b</sup>  | 193,7               | 124,0 | 2679     | 1,56 <sup>b</sup> | 173,8 <sup>b</sup> | 115,2               | 1,51 <sup>b</sup> |  |
| Lys dig    |          |         |  |                    |                     |          |                    |                     |       |          |                   |                    |                     |                   |  |
| Bas        |          | 1055    |  | 156,2              | 104,5               | 1793     | 1,50 <sup>a</sup>  | 196,7 <sup>a</sup>  | 121,3 | 2647     | 1,62 <sup>a</sup> | 176,3              | 112,8 <sup>a</sup>  | 1,56 <sup>a</sup> |  |
| Standard   |          | 1053    |  | 157,1              | 106,4               | 1803     | 1,48 <sup>a</sup>  | 194,4 <sup>ab</sup> | 124,4 | 2674     | 1,57 <sup>b</sup> | 175,6              | 115,3 <sup>a</sup>  | 1,52 <sup>b</sup> |  |
| Haut       |          | 1048    |  | 155,4              | 107,5               | 1812     | 1,45 <sup>b</sup>  | 192,5 <sup>b</sup>  | 123,9 | 2684     | 1,56 <sup>b</sup> | 173,7              | 115,6 <sup>a</sup>  | 1,50 <sup>b</sup> |  |
| CV (%)     |          | 2,0     |  | 3,2                | 3,9                 | 2,2      | 2,5                | 2,6                 | 4,1   | 2,2      | 3,1               | 2,5                | 3,3                 | 2,5               |  |
| P-value    |          |         |  |                    |                     |          |                    |                     |       |          |                   |                    |                     |                   |  |
| EM         |          | 0,750   |  | 0,002              | 0,51                | 0,793    | <0,001             | 0,23                | 0,256 | 0,154    | 0,002             | 0,013              | 0,247               | <0,001            |  |
| Lys dig    |          | 0,582   |  | 0,507              | 0,061               | 0,294    | <0,001             | 0,038               | 0,116 | 0,108    | <0,001            | 0,155              | 0,029               | <0,001            |  |
| EM*Lys dig |          | 0,260   |  | 0,197              | 0,014               | 0,076    | <0,001             | 0,701               | 0,38  | 0,081    | 0,240             | 0,301              | 0,028               | 0,004             |  |

Les valeurs avec un exposant différent présentent une différence significative de  $P < 0,05$ .