

VALIDATION EXPERIMENTALE D'UNE STRATEGIE D'ALIMENTATION DE PRECISION CHEZ LES POULETS DE CHAIR POUR REDUIRE LE COUT ALIMENTAIRE ET L'EXCRETION DES NUTRIMENTS

Pampouille Eva¹, Guyot Yann¹, Dusart Léonie¹, Souchet Christophe¹, Bernard Jérémy², Méda Bertrand³

¹ITAVI – L'Orfrasière – 37380 NOUZILLY,

²INRAE – PEAT – 37380 NOUZILLY,

³INRAE – Université de Tours – BOA – 37380 NOUZILLY

pampouille@itavi.asso.fr

RÉSUMÉ

Chez le poulet de chair, l'alimentation de précision pourrait être une solution alternative à la stratégie classique d'alimentation par phase pour réduire le coût alimentaire et les rejets (azote, phosphore) sans compromettre les performances des animaux. Cette stratégie consiste à ajuster quotidiennement la composition de la ration pour répondre aux besoins moyens du lot. Un essai a ainsi été mené pour démontrer le potentiel d'une telle stratégie, en utilisant des modèles mathématiques précédemment développés et permettant de prédire les besoins nutritionnels journaliers des animaux en fonction de leurs performances de croissance réelles. 912 poulets Ross 308 ont été répartis de manière aléatoire dans 24 parquets à J10. Trois stratégies alimentaires ont été testées jusqu'à J31 : un programme nutritionnel classique à deux aliments : croissance-finition (Ctrl), une stratégie multiphase journalière (MPJ) composée d'un mélange de deux pré-aliments changeant quotidiennement et défini avant l'essai, et une stratégie d'alimentation de précision (AP) composée d'un mélange de deux pré-aliments ajusté quotidiennement à partir des besoins calculés selon les performances de croissance réelles. Huit animaux par parquet étaient pesés individuellement chaque jour pour évaluer le poids vif (PV) moyen du lot pour chaque stratégie. En utilisant le PV moyen du lot AP, le gain de poids le plus probable et les besoins nutritionnels étaient ensuite estimés afin de préparer le mélange optimal à distribuer à J+1. Aucune différence significative n'a été observée sur le PV ou la consommation d'aliment, mais l'indice de consommation sur la période J10-J31 a augmenté dans les stratégies MPJ et AP par rapport à la stratégie C (+3,3 et +2,2%, respectivement). Malgré cette augmentation, les stratégies MPJ et AP ont permis d'améliorer les performances économiques et environnementales. Ainsi, une réduction significative du coût alimentaire (-7 et -8%, respectivement) et du phosphore excrété (-25 et -13%, respectivement) a été observée dans ces stratégies. Ces résultats prometteurs doivent maintenant être confirmés en conditions commerciales.

ABSTRACT

Experimental validation of a precision feeding strategy to reduce feeding cost and nutrient excretion in broiler chickens

In broiler chickens, precision feeding could be an alternative solution to the classical phase-feeding strategy to reduce feed cost and excretion (nitrogen, phosphorus) without impairing animal performance. This strategy consists in adjusting the diet composition on a daily basis to meet the average requirement needs of the flock. A trial was conducted to demonstrate the potential of such a strategy, using previously developed mathematical models to predict the daily nutritional requirements of the animals based on their actual growth performance. Nine hundred and twelve Ross 308 chickens were randomly allocated to 24 pens at D10. Three feeding strategies were tested until D31: a conventional two-phase program (Ctrl; growing-finishing), a daily multiphase program (MPJ) consisting in the daily blend of two pre-feeds defined prior to the trial, and a precision feeding program (AP) consisting in the daily blend two pre-feeds with a daily adjustment to account for daily requirements estimated according to actual growth performance. Eight animals per pen were weighed individually each day to estimate the average body weight (BW) in each strategy. Using the average BW of the AP flock, the "most-probable" BW gain and associated daily requirements were then estimated to compose the optimal blend to be distributed on D+1. No significant difference was observed on BW or feed intake, but feed conversion ratio over the D10-D31 period was increased with MPJ and AP compared to Ctrl (+3.3 and +2.2%, respectively). Despite this increase, the MPJ and AP strategies improved the economic and environmental performance. A significant decrease in feeding cost (-7 and -8%, respectively) and in phosphorus excretion (-25 and -13%, respectively) was observed with these strategies. These promising results must now be confirmed in commercial conditions.

INTRODUCTION

En production de poulet de chair, l'alimentation des animaux représente environ les deux tiers du coût de production (Moss *et al.*, 2021). En pratique, les poulets de chair reçoivent successivement plusieurs aliments au cours de l'élevage (i.e. « phases »). Chaque aliment est généralement distribué pendant une dizaine de jours durant lesquels il doit couvrir les besoins des animaux. Cependant, la valeur nutritionnelle de chaque « phase » est constante et définie à l'avance alors que les besoins des animaux évoluent quotidiennement. Ainsi, des situations où les apports de nutriments (azote, phosphore) dépassent les besoins sont fréquentes, et conduisent à une augmentation des rejets et du coût alimentaire (Pomar *et al.*, 2019 ; Moss *et al.*, 2021).

Dans ce contexte, l'alimentation de précision propose d'adapter quotidiennement les apports nutritionnels aux besoins des animaux en tenant compte des performances réelles des animaux pour minimiser les écarts entre apports et besoins. En pratique sur le terrain, une telle approche peut passer par l'utilisation de deux pré-aliments de compositions nutritionnelles contrastées, mélangés quotidiennement en proportion variable pour reformer une ration complète dont la composition satisfera les besoins quotidiens du lot et permettra de réduire le coût alimentaire et les rejets (Dusart *et al.*, 2019 ; Moss *et al.*, 2020).

Une telle approche nécessite au préalable le développement d'outils mathématiques (modèles) pour prédire i) les performances à venir des animaux sur la base des données collectées en élevage (ex. pesons automatiques) et ii) les besoins des animaux en fonction d'un niveau de performance donné. Ainsi, pour le poulet de chair, les modèles proposés par Dusart *et al.* (2019) et Méda *et al.* (2019) permettent de i) formuler simultanément des pré-aliments destinés à être mélangés pour recomposer une ration « complète » et ii) d'estimer les besoins journaliers en énergie métabolisable, lysine digestible et phosphore disponible en fonction du poids des animaux et de leur gain de poids attendu.

L'objectif de cette étude était donc de tester expérimentalement une telle approche « d'alimentation de précision » chez des poulets à croissance rapide, en utilisant les modèles décrits précédemment et de comparer cette approche à une stratégie « biphase » classique et à une stratégie « multiphase » journalière.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux et design expérimental

L'essai a été mené dans l'unité expérimentale INRAE PEAT (DOI : 10.15454/1.5572326250887292E12). Il incluait 912 poulets de chair ROSS 308 dont 456 mâles et 456 femelles élevés de J0 à J31. De J0 à J9, les animaux ont été élevés en sexe séparé dans 4 parquets de 9 m² (2 parquets/sexe) et ont reçu le même aliment Démarrage. A J10, les animaux ont été

répartis aléatoirement dans 24 parquets de 3 m² (8 parquets / stratégie ; 38 poulets / parquet ; 19 femelles et 19 mâles / parquet).

Trois stratégies alimentaires ont alors été testées jusqu'à l'abattage des animaux à J31 : une stratégie « Contrôle » (Ctrl) basée sur deux aliments Croissance et Finition, une stratégie multiphase journalière (MPJ) composée d'un mélange de deux « pré-aliments » en proportions variables changeant chaque jour et fixé avant l'essai, et une stratégie d'alimentation de précision (AP) composée d'un mélange de deux « pré-aliments » dont la composition était déterminé quotidiennement en fonction des performances de croissance réelles du lot AP.

1.2. Aliments expérimentaux

Les aliments Démarrage (J0-J9), Croissance (J10-J21) et Finition (J22-J31) ont été formulés au moindre coût en considérant les niveaux nutritionnels recommandés par le guide sélectionneur Ross 308 (Tableau 1).

Pour les pré-aliments A, B et C des stratégies MPJ et AP, la méthode de formulation bi-linéaire décrite par Dusart *et al.* (2019) a été utilisée. Pour cela, les besoins journaliers des animaux en énergie métabolisable (EM), lysine digestible (Lys_{dig}) et phosphore disponible (P_{dispo}) ont été calculés à l'aide du modèle décrit par Méda *et al.* (2019) en utilisant les données de croissance du guide sélectionneur Ross 308. Puis à l'aide des niveaux d'ingestion de ce même guide, les valeurs nutritionnelles journalières optimales du mélange ont été calculées et utilisées comme contraintes de formulation. De plus, les contraintes matières premières ont été appliquées soit au niveau des pré-aliments (ex. premix) soit au niveau du mélange (ex. blé). Enfin, pour être cohérent avec l'âge à la transition entre les aliments Croissance et Finition dans la stratégie Ctrl, le passage d'un mélange A/B à un mélange B/C a été imposé à J22. Les sorties de l'algorithme de formulation étaient alors la composition et les valeurs nutritionnelles des pré-aliments A, B et C (Tableau 1), ainsi que la composition journalière du mélange qui a servi de plan d'alimentation pour la stratégie MPJ (Figure 1).

1.3. Performances, composition corporelle et rejets

A la répartition à J10, 8 animaux « sentinelles » par parquet (4 mâles et 4 femelles) ont été choisis aléatoirement et identifiés (marque de couleur). Ces 192 animaux ont ensuite été pesés individuellement tous les jours entre J10 et J31. De même, la consommation d'aliment par parquet a été relevée quotidiennement durant tout l'essai. En plus de ce suivi, le poids vif (PV) individuel de l'ensemble des animaux a été mesuré aux transitions alimentaires (J10, J22) et à l'abattage (J31).

Enfin, à J10 et J31, des animaux ont été sacrifiés pour déterminer leur teneur en azote et en phosphore (10 animaux à J10 : 5 mâles + 5 femelles ; 36 animaux à J31 : 6 mâles + 6 femelles / stratégie). A partir de ces données de composition corporelle et des données de

consommation d'aliment, les rejets d'azote et de phosphore ont ensuite pu être calculés par différence entre l'ingéré et la rétention corporelle.

1.4. Préparation des mélanges MPJ et AP pour J+1

Chaque jour, à l'aide des données journalières de poids des animaux sentinelles AP, le PV à J+2 et le gain de PV entre J+1 et J+2 étaient prédits. Ces prédictions étaient ensuite utilisées pour estimer les besoins à J+1 des animaux à l'aide du modèle de Méda *et al.* (2019), puis déterminer la composition optimale du mélange à distribuer à J+1. Ce mélange, ainsi que celui du lot MPJ (plan d'alimentation prédéfini), étaient ensuite préparés et stockés avant leur distribution le lendemain matin, après mesure du PV des animaux sentinelles et de la consommation.

1.5. Analyses statistiques

L'effet de la stratégie alimentaire a été analysée par Analyse de Variance (ANOVA) à l'aide du logiciel R. Lorsque l'effet était significatif, un test de comparaison de moyennes *post-hoc* a été réalisé. L'unité statistique était l'animal pour les données de poids et de composition corporelle, et le parquet pour les autres données présentées dans cette étude.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Valeur nutritionnelle des mélanges

La prise en compte au jour le jour des performances de croissance du lot AP a conduit à des modifications de la composition du mélange quotidiennement distribué aux animaux par rapport au lot MPJ (Figure 1). Ainsi, par rapport au mélange MPJ, davantage de pré-aliments A et B ont été incorporés dans le mélange AP respectivement durant sur la phase *Croissance* (J10-J21) et *Finition* (J22-J31). En conséquence, les teneurs en protéines brutes (PB), Lys_{dig} et P_{dispo} du mélange AP étaient plus élevées que dans le mélange MPJ, en particulier sur les derniers jours de l'essai (+4 à 8% ; Figure 2a et b). A l'inverse, les teneurs en EM des mélanges MPJ et AP étaient très proches (moins de 20 kcal/kg d'écart en valeur absolue ; Figure 2a). Toutefois, l'ajustement quotidien de la composition des rations MPJ et AP a permis de considérablement réduire les teneurs en Lys_{dig} et P_{dispo} dans ces deux stratégies, en comparaison des teneurs des aliments de la stratégie Ctrl (de -12 à -17% ; Figure 2b). L'écart entre les teneurs des mélanges MPJ et AP (en particulier pour la Lys_{dig}) pourrait s'expliquer par les différences de besoins estimés par notre modèle nutritionnel. En effet, hormis sur les premiers jours de la période J10-J31, le GPV (gain de poids vif) théorique (i.e. prédit à partir des données de poids mesurées) des animaux du lot AP était de 5 à 16% supérieur au GPV considéré dans la stratégie MPJ (Figure 2c). Ceci a donc conduit à des besoins en Lys_{dig} supérieurs, et à une augmentation de la teneur en ce nutriment supérieur dans le mélange AP par rapport au mélange MPJ (Figure 2b). Des

améliorations sur les modèles de prédiction de la performance à venir et/ou des besoins nutritionnels sont donc à envisager.

2.1. Croissance et ingestion

Aucune différence significative entre les stratégies n'a été observée sur le PV à J31 ou sur le GPV et la consommation cumulée d'aliment entre J10 et J31 (Tableau 2). En revanche, l'indice de consommation (IC) sur cette même période a respectivement augmenté de 3,3 et 2,2% dans les stratégies MPJ et AP par rapport à la stratégie Ctrl. Toutefois, l'IC de la stratégie AP était également significativement inférieur à celui de la stratégie MPJ (Tableau 2).

Ces différences d'efficacité alimentaire peuvent s'expliquer par une tendance à une consommation supérieure durant la phase J10-21 pour les stratégies MPJ et AP ($P = 0,08$), se traduisant par l'augmentation significative de l'IC sur cette période (+3,7 et +3,0% respectivement pour les stratégies MPJ et AP ; données non présentées).

Sur l'ensemble de la période expérimentale (J10-J31), aucune différence statistique n'a été observée entre stratégies pour les ingérés cumulés d'EM et PB (données non présentées), en lien avec de faibles différences d'ingérés journaliers entre stratégies (-1 à -4% en moyenne pour les lots MPJ et AP par rapport au lot C ; données non présentées). A l'inverse, dans ces stratégies, les ingérés journaliers de Lys_{dig} et P_{dispo} étaient plus faibles, comparativement à la stratégie Ctrl (données non présentées). De plus, les ingérés cumulés de Lys_{dig} et P_{dispo} étaient significativement réduits d'environ 5 et 4% dans les stratégies MPJ et AP respectivement ($P < 0,01$; données non présentées). Ceci peut être expliqué par la forte réduction des teneurs en Lys_{dig} et P_{dispo} des mélanges distribués aux lots MPJ et AP (jusqu'à -17% pour la Lys_{dig} du mélange MPJ ; Figure 2b), en particulier sur la seconde moitié des phases croissance et finition (Figure 2b).

2.3. Coût alimentaire et rejets

Bien qu'associées à une augmentation significative de l'IC de 0,03 à 0,04 points, les stratégies MPJ et AP ont permis d'améliorer les performances économiques et environnementales par rapport à l'alimentation biphasé « classique » de la stratégie Ctrl (Tableau 2). En effet, une réduction significative du coût alimentaire par kg de gain de PV a été observée dans ces stratégies comparativement à la stratégie Ctrl (respectivement -6,8 et -7,9%) en raison du prix plus faible des pré-aliments A, B et C (Tableau 1), et donc des mélanges distribués (MPJ : 273-309€ ; AP : 284-304€ ; données non présentées). La réduction du coût alimentaire observée pour la stratégie AP est comparable à celle calculée par Moss *et al.* (2020) de l'ordre de 6% chez des poulets nourris avec une stratégie comparable (ajustement du mélange tous les deux jours en fonction du PV). Il faut cependant noter que ce coût alimentaire ne tient pas compte du coût

des équipements requis pour préparer et distribuer un mélange d'aliments en élevage commercial. Les stratégies MPJ et AP ont également permis une réduction significative des rejets de phosphore d'environ 25 et 13% en comparaison avec la stratégie Ctrl. En revanche, aucune différence significative n'a été observée entre les différentes stratégies pour l'excrétion d'azote. Ce résultat est surprenant car un des objectifs des stratégies MPJ et AP étaient de réduire les rejets en adaptant les apports aux besoins des animaux. Il peut néanmoins être expliqué par la dégradation de l'indice de consommation dans ces stratégies (i.e. ingéré protéique supérieur) ainsi que par des teneurs en protéines corporelles inférieures de 0,5 et 0,4 points respectivement dans les stratégies MPJ et AP (non significatif ; données non présentées).

CONCLUSION

Dans nos conditions expérimentales, la distribution d'un mélange dont la composition varie quotidiennement présente des avantages par rapport à une stratégie d'alimentation par phase. Ainsi, en comparaison d'une stratégie « classique » par phase, la stratégie d'alimentation de précision testée dans

cette étude a amélioré les performances économiques et environnementales, malgré une légère dégradation de l'indice de consommation.

En outre, en conditions commerciales, la prise en compte des performances réelles du lot pourrait s'avérer un réel avantage par rapport à un plan d'alimentation prédéfini, comme par exemple dans le cas d'événements « exceptionnels » (ex. coup de chaleur, problème sanitaire). Pour cela, les modèles utilisés devront être raffinés pour intégrer de nouvelles lois de réponses et règles de pilotage. Ces résultats prometteurs doivent maintenant être confirmés en conditions commerciales, en considérant également la qualité des produits, le bien-être des animaux ainsi que le coût d'investissement lié aux équipements requis pour appliquer une telle stratégie.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'UMT BIRD avec le soutien financier du programme européen pour la recherche et l'innovation H2020 (projet Feed-A-Gene n°633531 ; 2015-2020). Les auteurs remercient le personnel de l'unité expérimentale INRAE PEAT pour le suivi de l'essai.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dusart L., Rhoulam Y., Méda B., 2019. JRA-JRPFG, (13), 298-302.
 Méda B., Talineau M., Chéret C., Narcy A., Dusart L., 2019. JRA-JRFG, (13), 8-12.
 Moss A., Chrystal P., Cadogan D., 2020. 2020 International Poultry Scientific Forum, 32.
 Moss A., Chrystal P., Cadogan D., Wilkinson S.J., Crowley T.M., Choct M., 2021. Anim. Biosci., (34), 354-362.
 Pomar C., Remus A., 2019. Animal Front., (9), 52-59.

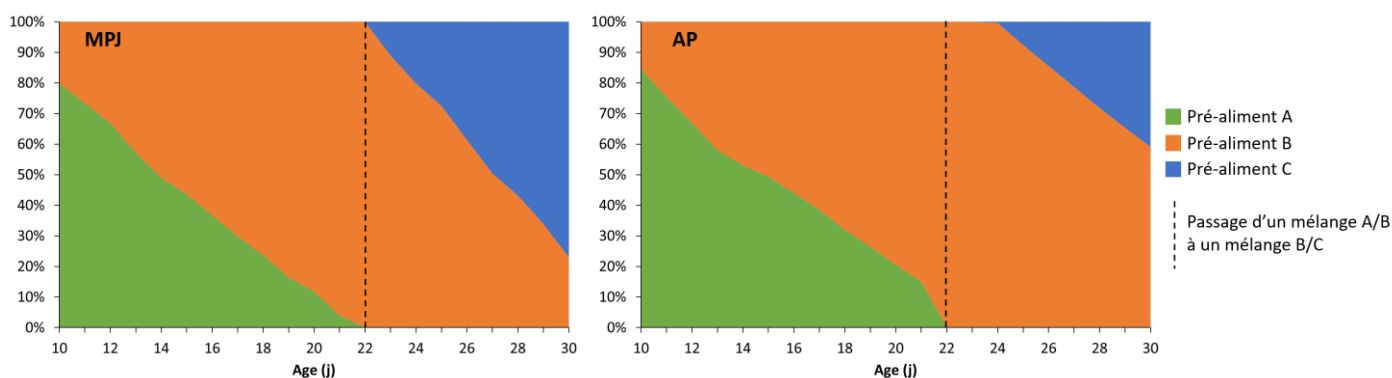
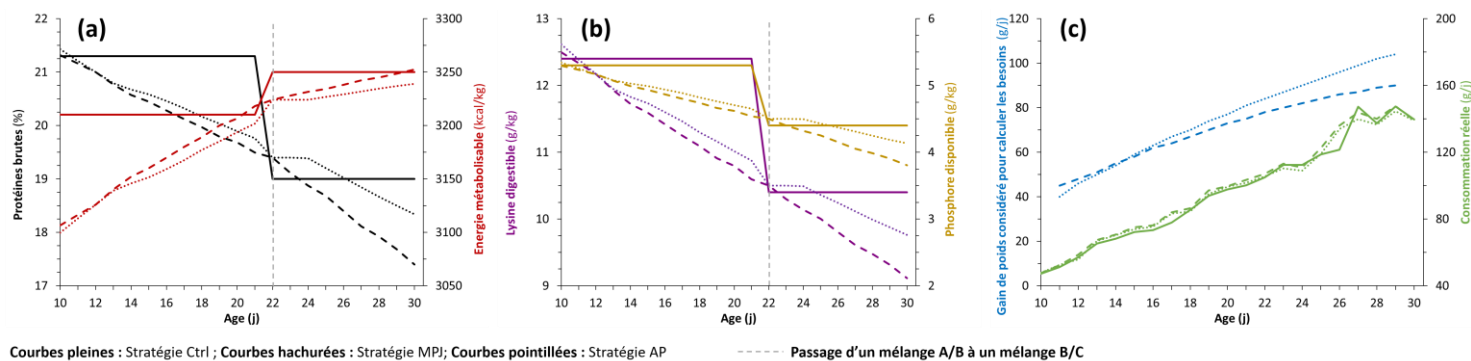


Figure 1. Composition du mélange quotidien distribué dans les stratégies MPJ et AP.



Courbes pleines : Stratégie Ctrl ; Courbes hachurées : Stratégie MPJ ; Courbes pointillées : Stratégie AP

----- Passage d'un mélange A/B à un mélange B/C

Figure 2. Valeurs nutritionnelles quotidiennes des mélanges MPJ et AP (a, b). Gain de poids théorique utilisé pour calculer les besoins quotidiens des lots MPJ et AP, et consommation journalière associée (c).

Tableau 1. Composition et valeurs nutritionnelles des aliments et pré-aliments expérimentaux.

Aliment	Démarrage (J0-J9)	Croissance (J10-J21)	Finition (J22-J31)	Pré-aliment A (J10-J21)	Pré-aliment B (J10-J31)	Pré-aliment C (J-22-J31)
Composition (%)						
Blé	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Maïs	34,76	42,54	49,05	43,24	47,95	55,92
Tourteau de soja Expeller	32,19	33,55	29,44	3,18	25,97	19,01
Tourteau de soja 48	3,24	1,59		30,86	4,64	4,14
Tourteau de tournesol Hipro	7,17					
Huile de soja	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Minéraux + premix	2,38	2,13	1,71	2,31	1,72	1,40
Lysine HCl	0,44	0,36	0,26	0,43	0,24	0,21
DL-Méthionine	0,40	0,39	0,29	0,41	0,29	0,20
Thréonine	0,21	0,19	0,13	0,23	0,12	0,09
Arginine	0,03	0,09	0,04	0,13		
Valine	0,18	0,16	0,07	0,21	0,07	0,02
Tryptophane			0,01			0,01
Valeurs nutritionnelles (%)						
Energie métabolisable (kcal/kg)	3087	3212	3250	3077	3224	3261
Matières grasses	8,42	8,71	8,55	6,53	8,28	7,95
Protéines brutes	23,50	21,30	19,00	21,80	19,40	16,80
Lysine digestible	1,37	1,24	1,04	1,30	1,05	0,87
Méthionine + Cystéine digestibles	1,02	0,94	0,81	0,97	0,82	0,68
Tryptophane digestible	0,24	0,21	0,19	0,22	0,19	0,17
Thréonine digestible	0,89	0,82	0,70	0,86	0,70	0,59
Valine digestible	1,10	0,99	0,83	1,04	0,84	0,70
Arginine digestible	1,41	1,29	1,10	1,35	1,10	0,92
Calcium total	0,86	0,76	0,62	0,81	0,63	0,50
Phosphore disponible	0,43	0,38	0,31	0,40	0,31	0,25
Phosphore total	0,64	0,53	0,44	0,55	0,45	0,36
Prix (€/t)	343	338	304	312	297	266

Tableau 2. Performances zootechniques, excrétion totale d'azote et phosphore, et coût alimentaire sur la période J10-J31 pour les trois stratégies alimentaires testées.

	Stratégie			SEM	P
	Ctrl	MPJ	AP		
Performances zootechniques (g)					
Poids vif J31	1808	1794	1783	9,1	0,56
Gain de poids	1541	1528	1517	9,2	0,58
Consommation cumulée	2032	2079	2044	12,3	0,27
Indice de consommation (kg/kg vif)	1,318 ^c	1,361 ^a	1,347 ^b	0,005	<0,001
Excrétion totale (kg/t de gain)					
Azote	13,7	13,5	14,3	0,07	0,23
Phosphore	1,6 ^a	1,2 ^c	1,4 ^b	0,04	<0,001
Coût alimentaire (€/t gain)	428 ^a	399 ^b	394 ^b	4,0	<0,001

SEM : Standard Error of the Mean – Erreur standard