

MODELISATION NUTRITIONNELLE ET PREDICTION DES PERFORMANCES DES POULETS DE CHAIR

Mathiaud Adeline¹, Mougenot Flavien², Klein Stéphanie¹ et Mansuy Eric²

¹SANDERS - Centre d'Affaires Odyssée ZAC Cicé Blossac - 35172 BRUZ,

²SANDERS - Le Pont de Saint Caradec - 56920 SAINT-GERAND

adeline.mathiaud@sanders.fr

RÉSUMÉ

Les stratégies nutritionnelles doivent s'adapter à l'évolution du potentiel génétique des poulets de chair. Dans ce contexte, la consolidation des connaissances via un outil de modélisation représente un atout indéniable afin de définir la stratégie optimale pour atteindre les objectifs de production. Afin de réaliser cette modélisation nutritionnelle, la compilation de l'ensemble des essais zootechniques réalisés dans une station expérimentale entre 2005 et 2011 sur la souche Ross PM3 mâle a été effectuée, ce qui représente une quinzaine d'essais. Les régimes ont été standardisés sur une même matrice de formulation. Les performances (consommation, croissance et indice de consommation) ont été calculées sur un même découpage alimentaire, en considérant les phases démarrage, croissance et finition. L'analyse des performances a été menée en modèle mixte à effets fixes avec ou sans effet aléatoire lié à l'essai. Les modèles obtenus ont ensuite été validés sur des données externes à leur construction. Les performances des phases de « croissance » et de « finition » s'avèrent plus facilement prédictibles que celles de la phase « démarrage ». L'analyse de la base de données montre que la teneur en lysine digestible apparaît comme un facteur primordial et interagit avec le niveau d'énergie métabolisable.

ABSTRACT

Modelling nutrition and prediction of broilers' performances

Nutritional programs have to be adapted to the evolution of broilers' genetics potential. Grouping together trial results thanks to a modelling tool represents an undeniable asset to define the optimal strategy to reach production objectives. In order to achieve this nutritional modelling, a compilation of zootechnic trials carried out an experimental facility between 2005 and 2011 on the male breed Ross PM3 was made. This represents about fifteen trials. The diets were standardized on the same matrix of formulation. The performances (consumption, growth and feed conversion ratio) were calculated over the same periods of time, separating three phases : starter, grower and finisher. Performances analysis was carried out a mixed model with fixed effects and with or without random effect related to trial. Then, the models were validated on external data. The performances of the "grower" and "finisher" phases seem to be more easily predictable than those of the "starter" phase. Database analysis shows that digestible lysine level is an essential element and interacts with the level of metabolisable energy.

INTRODUCTION

L'industrie de la volaille de chair a connu un progrès très important ces 50 dernières années. Les poulets arrivent à leur poids d'abattage trois fois plus vite et avec une efficacité alimentaire trois fois supérieure aux poulets produits en 1997 (Havenstein *et al*, 2003). Il est admis que dans les dix prochaines années, les poulets devraient atteindre un poids de 2kg en 25% de moins de temps qu'aujourd'hui et en utilisant 12% d'aliment en moins (Jego cité dans Bentley, 2011). L'amélioration de la production est due à 85% aux changements génétiques effectués par les sélectionneurs (Havenstein *et al*, 2003).

Il apparaît donc comme nécessaire de faire évoluer nos stratégies alimentaires en parallèle des évolutions génétiques. D'autre part, la consolidation des connaissances des nutritionnistes via des outils de modélisation représente un atout indéniable grâce à une prédiction rapide des performances, notamment sur un marché mondial du poulet de chair de plus en plus concurrentiel.

Les premiers modèles prédictifs de production de poulets sont apparus dès les années 1980. Depuis de multiples modèles ont été créés et peuvent être classés en deux catégories : les modèles très complets qui cherchent à prédire la croissance des poulets en fonction des conditions environnementales et de la nutrition et des modèles de croissance moins complets, sans facteurs environnementaux et nutritionnels. Ainsi des modèles commerciaux ont été développés (Omnipro®II, BPHL par King (2001) ou EFG Software, 2012). La structure de base de ces modèles est la fonction de croissance de Gompertz mais d'autres modèles mathématiques utilisent d'autres fonctions, comme par exemple l'utilisation des modèles mixtes (Wang *et al*, 2004), des modèles en lois de rendements décroissants (Zuidhof, 2005), des modèles hyperbolastiques (Ahmadi *et al*, 2007) ou des modèles en réseaux de neurones artificiels (Salle *et al*, 2003). Mais que ces modèles soient mécanistes ou empiriques, l'accès aux équations des modèles n'est pas possible.

L'objectif du travail est donc de développer un modèle empirique, dans lequel les équations sont connues des utilisateurs, à partir d'essais réalisés dans des conditions identiques. Ce modèle permettra d'adapter la gamme nutritionnelle aux objectifs de performances.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Origine des données expérimentales

Les données utilisées dans les modèles proviennent d'une compilation d'essais réalisés dans la station expérimentale de Sourches (Saint-Symphorien, 72) dans des conditions contrôlées. Les essais se sont déroulés de 2005 à 2011 sur la base d'un protocole similaire : utilisation de poulets mâles de souche Ross

PM3, élevage au sol dans des parquets de tailles identiques, distribution ad libitum de l'aliment et de l'eau, pesées des animaux et de l'aliment par parquets au début et à la fin de chaque stade alimentaire, stades alimentaires identiques (démarrage, croissance et finition).

Lors de chaque essai, plusieurs traitements ont été testés, ils diffèrent entre eux par les niveaux nutritionnels de la ration. Chaque ration alimentaire est caractérisée par une valeur de matière sèche, d'énergie métabolisable (EM), de protéines, de matières grasses et d'acides aminés digestibles.

1.2. Construction de la base de données

Afin d'obtenir une base de données homogènes, certaines standardisations, validations et corrections ont été effectuées.

Tout d'abord, lors des six années d'essais, le profil des matières premières ainsi que le système énergétique utilisé a pu évoluer. L'ensemble des rations a donc été recalculée à partir de matières premières standardisées et avec le système énergétique Sanders 2011. Suite à ces calculs, il a été vérifié que les apports en acides aminés digestibles respectaient les recommandations Sanders pour la « protéine idéale ». Dans le cas contraire, le traitement était éliminé de la base de données.

Par ailleurs, sur une période d'élevage de 35 jours en moyenne (+/-1 jour), les phases alimentaires démarrage, croissance et finition pouvaient être de durées variables (9 à 15j pour le démarrage, 8 à 13j pour la croissance et 7 à 17j pour la finition). Lors de la compilation, la durée des phases a été fixée (0-10j pour le démarrage, 10-21j pour la croissance et 21-35j pour la finition) et une correction des poids et des consommations a été effectuée si la durée réelle ne correspondait pas à la durée fixée. Cette correction a été réalisée à partir des données d'évolution du poids et de la consommation des poulets Ross PM3 mâles (Aviagen). Pour minimiser l'impact de ces corrections, seules les phases dont la durée s'écartait au maximum de 2 jours des âges de référence ont été prises en compte.

Enfin, dans certains essais, une des phases pouvait correspondre à deux rations différentes (par exemple, deux aliments différents sur 21-35j). Dans ce cas, les valeurs nutritionnelles d'un aliment moyen ont été calculées, en tenant compte de la durée de distribution et de la teneur en nutriment de chaque aliment.

1.3. Modélisation : test des modèles à effets mixtes

Le logiciel R (version 2.14.0) a été utilisé pour la modélisation. Les modèles à effets mixtes sont un outil puissant et flexible pour l'analyse des données groupées car ils permettent de prendre en compte des effets aléatoires qui sont associés à une unité expérimentale prise au hasard dans la population. Ici, ils seront donc utilisés pour décrire l'effet de la nutrition sur les paramètres zootechniques (gain de poids, consommation et indice de consommation corrigé à poids constant) à partir de données groupées

par essai (l'essai étant le facteur aléatoire). La méthodologie de construction et de vérification du modèle suivra celle conseillée par Pinheiro *et al.* (2000) : analyse de variance en utilisant le test de Wald et test des coefficients des variables par le test de Student.

D'autre part, l'utilisation des modèles linéaires mixtes implique le respect de certaines hypothèses : les erreurs intragroupes doivent suivre une loi normale, être indépendantes et de moyenne zéro et les effets aléatoires doivent être normalement distribués et indépendants.

1.4. Validation des modèles

Après la construction du modèle, sa capacité de prédiction sera testée par la méthode de « leave-one-out » : un traitement est enlevé de la base de données, le modèle est réajusté et le traitement est prédit. Lorsque tous les traitements sont prédits, la corrélation entre la valeur prédite et la valeur réelle de l'ensemble des traitements donne une bonne estimation de la capacité prédictive. Deux prédictions ont ainsi été réalisées, une prédiction se fondant uniquement sur les effets fixes et une autre prenant aussi en compte les effets aléatoires. La comparaison des deux prédictions permet de juger de l'importance de l'effet aléatoire lié aux essais.

Deux expériences ont servi aussi de test, la première est une expérience réalisée dans un autre centre expérimental, la seconde est un essai réalisé à la station expérimentale de Sourches mais avec des traitements se situant nutritionnellement en dehors de la zone de prédiction. Ces deux essais permettront d'avoir une vision de la capacité de généralisation du modèle créé.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Base de données finale

La base de données finale est donc composée de 15 essais et 29 traitements en démarrage, 14 essais et 24 traitements en croissance, 12 essais et 32 traitements en finition. Le nombre de répétitions par traitement peut également différer (de 3 à 9 répétitions). L'ensemble des valeurs nutritionnelles recalculées, ainsi que leurs interactions, étaient testées. Les plages de valeurs des variables nutritionnelles entrant dans les différents modèles sont de 2650 à 3200 kcal pour l'EM, de 15 à 23% de protéines et de 0.70 à 1.40% de lysine digestible.

2.2. Description des modèles

Les paramètres zootechniques de la phase de « Démarrage » sont globalement difficiles à prédire, l'effet aléatoire « essai » étant très important comme le montre la comparaison des capacités prédictives (tableau 1). Ce fort effet « essai » peut s'expliquer par les effets maternels, qui jouent sur le poids et la qualité du poussin, qui peut influencer sa consommation et sa croissance en période de démarrage (Gous,

2010). D'autre part, la durée entre l'éclosion au couvoir et la première alimentation en station expérimentale peut également contribuer à ce fort effet « essai ».

Sur la phase « Croissance », la consommation est prédite par le poids en début de période, la teneur en lysine digestible et le niveau d'EM. Le modèle prédisant le gain de poids sur la phase « Croissance » fait entrer un grand nombre de variable (Consommation, Poids, niveaux de lysine digestible, de protéine et d'EM ainsi que le rapport Lys dig / EM) tandis que le modèle prédisant l'indice de consommation sur la phase « Croissance » utilise les teneurs en protéine, en lysine digestible, en EM et le rapport Lys dig / EM. Comme le montre le tableau 1, la capacité de prédiction est très bonne et l'effet aléatoire « essai » est beaucoup moins fort que pour la phase « Démarrage ».

Les variables des modèles « Finition » sont le poids, les teneurs en protéines, en lysine digestible, en EM. Les coefficients de corrélation montrent une bonne valeur prédictive des modèles (tableau 1).

Le tableau 2 récapitule les facteurs des différents modèles et leur degré de signification.

A partir de ces modèles, une représentation graphique en 3 dimensions a été réalisée. La figure 1a illustre l'évolution du GMQ en phase « Croissance » où une augmentation de 10% des nutriments entraîne une amélioration de 10% du GMQ.

2.3. Validation des modèles

La validation des modèles à partir de données externes montre globalement une bonne fiabilité pour prédire les hiérarchies et les différences relatives entre aliment. La prédiction des valeurs exactes est par contre moins fiable du fait de l'effet aléatoire « essai ». Ainsi pour l'essai réalisé dans un autre centre expérimental, le gain de poids en démarrage est bien prédit, l'écart maximal étant de 3% (figure 2a). Dans les autres phases, l'ordre des traitements est respecté mais le modèle prévoit une différence beaucoup plus marquée entre les traitements (écart maximal de 30%, figure 2a). Pour l'essai réalisé à Sourches, les écarts peuvent aller jusqu'à 15% (figure 2b).

CONCLUSION

Les modèles créés permettent de prédire l'effet d'un nouvel profil nutritionnel sur les performances des phases « Croissance » et « Finition ». Ce travail de modélisation a également permis de consolider l'ensemble des essais réalisés pendant six ans en station expérimentale et de dégager des nouvelles pistes de recherche en termes de stratégies nutritionnelles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le personnel de la station Volaille de Euronutrition.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ahmadi H., Mottaghitalab, M., 2007. Poult. Sci., (86,11), 2461-2465
 Bentley J., 2011. Feed Compounder, 38-45
 EFG Software. <http://www.efgsoftware.net/poultry-programs/broiler-growth-model.html>
 Gous R., 2010. Livestock Sci., (130), 25-32
 Havenstein G., Ferket P. Qureschi M., 2003. Poult.Sci., (82, 10), 1500-1508
 King R., 2001. Poult Sci.(80,3), 245-253
 Pinheiro, Bates, 2000. Ed Springer.
 Salle C.T.P., Guahyba A.S., Wald V.B., Silva A.B., Salle F.O., Nascimento V.P., 2003. Br. Poult. Sci., (44,2), 211-217
 Wang Z, Zuidhof M., 2004. Poult. Sci., (83,6), 847-852
 Zuidhof M., 2005. Poult. Sci., (84,7), 1108-1122

Tableau 1. Coefficient de détermination (R^2) entre les valeurs observées et les valeurs prédites de différents paramètres zootechniques des périodes de « Démarrage », de « Croissance » et de « Finition » en utilisant deux modèles de prédiction (effet fixe avec ou sans effet aléatoire « essai »)

Période	Indice Zootechnique	Effets pris en compte dans le modèle prédictif	
		Aléatoire+Fixe	Fixe
Démarrage	Consommation	0.98	0.19
	Gain de poids	0.98	0.45
	IC	0.94	0.46
Croissance	Consommation	0.99	0.86
	Gain de poids	0.99	0.98
	IC	0.96	0.87
Finition	Consommation	0.96	0.88
	Gain de poids	0.99	0.93
	IC	0.97	0.67

Tableau 2. Récapitulatif des facteurs (entrant dans les modèles des différents paramètres zootechniques des périodes de « Croissance » et de « Finition ») et de leur significativité

Période	Paramètres zootechniques	Facteurs du modèle	Test de Wald
Croissance	Consommation	Poids, Lys dig	p<0.001
		EM	p=0.01
	Gain de poids	Conso, Lys dig, PB, EM, Poids, Lys/EM	p<0.01
	IC	Lys dig, PB, EM, Lys/EM	p<0.001
Finition	Consommation	Poids, PB, Lys dig, EM, Lys*EM	p<0.001
	Gain de poids	Conso, Poids début, Lys dig, EM	p<0.001
	IC	Lys dig, EM, Lys*EM	p<0.01

Figure 1. Prédiction du gain de poids (GMQ) a) en phase «Croissance», b) en phase « Finition » à partir de la lysine digestible et de l'énergie métabolisable

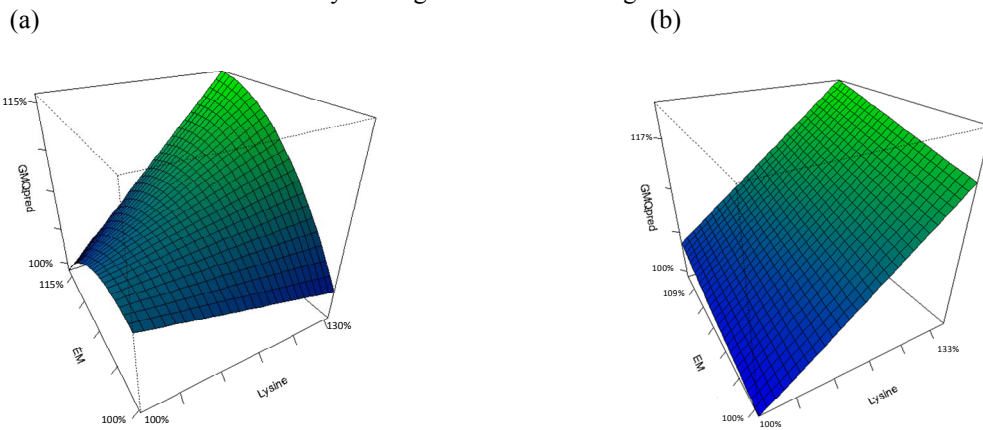


Figure 2. Validation des modèles de prédiction du GMQ à partir des données (a) d'un essai réalisé dans un autre centre expérimental, (b) d'un nouvel essai réalisé à Sourches : comparaison des données réelles et des données prédites

