

DETERMINATION DES BESOINS EN « PROTEINES DIGESTIBLES » DE POULETS A CROISSANCE RAPIDE ENTRE 0 ET 34 JOURS D'AGE.

Quentin Maxime¹, Margetyal Carole², Laffitte Etienne¹, Besson Marc¹, Amador Olivier¹, Launay Claire²

¹ INZO, 1 rue de la Marébaudière, BP 96669, 35766 Saint-Grégoire

² NEOVIA, site de Chierry, rue de l'église, CS90019, 02402 Château-Thierry

mquentin@inzo-net.com

RESUMÉ :

Deux essais ont été conduits successivement pour mesurer la réponse de poulets Ross PM3 à un taux croissant de protéine digestible (Ptdig) dans l'aliment (Essai 1 ; 0-21 jours : 5 aliments iso énergétiques de 15,1 ; 16,1 ; 17,2 ; 18,4 et 19,6% de Ptdig et Essai 2 ; 21-34 jours : 13,5 ; 14,5 ; 15,6 et 16,5% de Ptdig). Les performances de croissance (Essais 1 et 2) et d'abattage (Essai 2) ont été comparées puis la réponse à une augmentation en Ptdig de la ration a été modélisée à l'aide d'un modèle exponentiel. La teneur en Ptdig optimale pour le gain de poids (GMQ) et l'indice de consommation (IC) a été déterminée à 99% et 101% de l'asymptote respectivement. Entre 0 et 21 jours, le GMQ a été amélioré entre 15,1 et 16,1% de Ptdig (+2,4g/jour ; $P<0,001$) et l'IC a été encore amélioré à 17,2% de Ptdig (-3% entre 16,1% et l'IC moyen 17,2-19,6% ; $P<0,001$). Entre 21 et 34 jours d'âge, la consommation d'aliment a été réduite en moyenne de 6% entre 16,5 et 13,5% de Ptdig ($P<0,01$). La croissance est significativement améliorée entre 13,5 et 14,5% de Ptdig (+6,7 g/jour de GMQ en moyenne) tout comme l'IC (-0,12 points en moyenne). Les rendements d'abattage sont améliorés jusqu'à 16,5% de Ptdig dans l'essai 2 (+1,8% de rendement PAC et +0,8% de rendement en filet entre 13,5% et 16,5% de Ptdig). Le besoin optimal en Ptdig déterminé à l'aide du modèle exponentiel pour des animaux de moins de 7 jours d'âge est nettement inférieur à l'attendu : 17,2% pour le GMQ et 18,5% pour l'IC. Après 7 jours d'âge, une relation linéaire entre le besoin en Ptdig et l'âge est obtenue selon l'équation : Ptdig pour le GMQ = $19,47 - 0,136 \times \text{Age}$ ($P<0,01$; $R^2=0,94$). La détermination du besoin en Ptdig optimal pour l'IC entre 21 et 35 jours n'a pu être réalisée. Un taux supérieur en Ptdig serait nécessaire pour une meilleure précision de la réponse IC entre 21 et 34 jours d'âge.

ABSTRACT:

“Digestible protein” requirements of fast growing broiler between 0 and 34 days of age.

Two experiments were conducted successively to measure the effect of an increase of digestible protein (Ptdig) in the diet on growth performances (experiment 1; 0-21 days : 5 levels 15,1; 16,1; 17,2; 18,4 and 19,6% Ptdig and experiment 2 21-34 days : 4 diets 13,5; 14,5; 15,6 and 16,5% of Ptdig). Ptdig effect on Growth was modeled using an exponential model. The optimal Ptdig content for body weight gain (BWG) and feed conversion ratio (FCR) was determined at 99% and 101% of the asymptote respectively. Between 0 to 21 days of age, the BWG was improved from 15,1 until 16,1% Ptdig (+ 2,4g / day; $P<0,001$). The FCR has been further improved with 17,2% of Ptdig (-3% between 16,1% and the FCR average from 17,2 to 19,6%; $P<0,001$). Between 21 and 34 days of age, feed intake was reduced by 6% between 16,5 and 13,5% of Ptdig ($P<0,01$). Growth is significantly improved between 13,5 and 14,5% of Ptdig (6,7 g / day on average BWG) as the FCR (-0,120 points on average). Slaughter yields are improved up to 16,5% Ptdig in test 2 (1,8% of carcass yield performance and +0,8% net yield). Under 7 days of age, the optimal Ptdig requirement calculated with the exponential model is significantly lower than expected (17,2% for BWG and 18,5% for the FCR). After 7 days of age, a linear relationship between the Ptdig calculated requirement and age is measured for BWG (Ptdig optimal BWG = $19,47 - 0,136 \times \text{Age}$; $P<0,01$; $R^2 = 0,94$). The optimal Ptdig requirement for FCR could not be performed between 21 and 35 days of age. Higher levels of Ptdig would be necessary to improve the modeling accuracy of FCR response to Ptdig between 21 and 34 days of age.

INTRODUCTION

Le taux de protéine dans l'aliment des volailles est, depuis longtemps, une question sensible et largement investiguée pour, l'optimisation de la performance (Morris et Njuru, 1990; Smith et al 1998), la limitation des rejets dans l'environnement (Hernandez et al, 2012) ou même la santé des volailles (Drew et al, 2003). La maîtrise des apports des principaux acides aminés essentiels a permis de véritables progrès pour assurer les performances des volailles à fort potentiel de croissance en limitant les gaspillages mais il reste un vaste champ d'investigation pour une définition plus précise d'un besoin en « protéines » regroupant les acides aminés non essentiels et ceux qui ne peuvent être maîtrisés par une source synthétique (Pesti, 2009). La protéine digestible (Ptdig) obtenue à partir des mesures de digestibilité sur coq, permet une estimation indirecte de la part de protéine indigestible de l'aliment et constitue une alternative originale à la protéine totale pour la formulation. L'objectif de ce travail est de définir les recommandations nutritionnelles en Ptdig en fonction de l'âge de poulet de chair à croissance rapide.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Définition de la protéine digestible.

La protéine digestible (Ptdig) est un nutriment spécifique, défini comme la part protéique digestible estimée d'un aliment. Ce nutriment a été développé grâce aux nombreux travaux de mesures de digestibilité (principalement fécale, azote Dumas) sur coqs caectomisés conduits par INZO et NEOVIA. Une base de données de coefficients d'utilisation digestive de l'azote (CUD) a été constituée pour de nombreuses matières premières. Elle permet l'estimation d'un taux de protéine dite « digestible » d'un aliment. Ce critère est utilisé en formulation pour estimer un apport de protéique disponible à l'animal.

1.2. Essai n°1 : 0-21 jours

Deux cents quatre-vingt-huit poussins sexés Ross PM3 mâles (cuvier Perrot, France) de 1 jour ont été pesés, puis allotés dans 144 cages du dispositif expérimental de NEOVIA (CRZA, Montfaucon, France) à raison de 2 poussins par cage. Lors de l'allotement, 28 blocs de 5 cages ont été constitués pour représenter les 28 répétitions des 5 aliments expérimentaux distribués entre 0 et 21 jours d'âge. Les 5 aliments expérimentaux ont été formulés pour une teneur en Ptdig de 15,1 ; 16,1 ; 17,2 ; 18,4 et 19,6% respectivement (présentation en miette). Les 5 aliments étaient iso-énergétiques (2870 kcal/kg) et les principaux acides aminés essentiels :

méthionine, tryptophane, thréonine, leucine, isoleucine, valine ainsi que l'arginine sont considérés comme non limitants et ont été, dans la mesure du possible, équilibrés sur la teneur en Lysine digestible de l'aliment (cf. Tableau 1). Les volailles avaient accès à volonté à l'eau et à l'aliment durant toute la durée de l'essai.

Une pesée individuelle a été réalisée à J0, J7, J14 et J21. Les animaux ont été identifiés à J7. La consommation a été relevée au moment des pesées. Le nombre d'animaux trouvés morts était relevé chaque jour.

1.3. Essai n°2 : 21-35 jours

Deux cents quarante poussins sexés Ross PM3 mâles (cuvier Perrot, France) de 1 jour ont été pesés puis allotés dans 48 cages du dispositif expérimental de NEOVIA (CRZA, Montfaucon, France) à raison de 5 poussins par cage. Douze blocs homogènes de 4 cages ont été constitués pour étudier les 4 traitements nutritionnels. Entre 0 et 21 jours d'âge, le même aliment est distribué à l'ensemble des animaux (2800 kcal/kg d'EM ; 20,9% de protéine totale et 1,14% de lysine digestible). Il est présenté sous forme de miette entre 0 et 10 jours puis sous forme de granulé de 2,5 mm de diamètre entre 11 et 21 jours. A partir de 21 jours d'âge, 4 aliments iso-énergétiques (2980 kcal/kg d'EM) ont été formulés à des taux de Ptdig de 13,5 ; 14,5 ; 15,6 et 16,5% respectivement (cf. Tableau 1). Comme dans l'essai 1, les principaux acides aminés essentiels sont considérés comme non limitants sur la période.

Les volailles ont été pesées individuellement à 10, 21 et 34 jours d'âge. Les consommations d'aliments ont été enregistrées par cage au même moment. A 34 jours, 15 volailles par traitement ont été sélectionnées sur la base de leur poids vif pour la mesure des rendements en carcasse (PAC) et filets (*Pectoralis major*) individuels après abattage (abattoir de Verdilly, France).

1.4. Analyse des aliments

Un échantillon de chacun des aliments expérimentaux a été analysé au laboratoire Invivo Labs (Chierry, France). Leur teneur en protéine brute a été contrôlée (selon la méthode de Dumas). Les principaux acides aminés essentiels ont été également dosés (lysine, méthionine, thréonine, tryptophane, valine, leucine, isoleucine et arginine). Les aliments sont conformes. Les valeurs calculées en acides aminés digestibles sont présentées Tableau 1.

1.5. Analyses Statistiques

Les données zootechniques des deux essais, le poids vif (PV), la consommation, le gain de poids (GMQ), l'indice de consommation (IC), le rendement carcasse (rendement PAC) et le rendement en filet ont été analysés par une ANOVA à un seul facteur (la teneur en Ptdig). La comparaison des moyennes a été réalisée à l'aide du test de Student, Newman et Keuls. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statview 5.0 (SAS Institute, USA).

La modélisation des lois de réponse à la teneur du régime en Ptdig a été réalisée à l'aide d'un modèle exponentiel : GMQ ou $IC = A + B \cdot (1 - \exp(-C \cdot Ptdig(\%)))$. Les paramètres A, B et C ont été calculés par le module de régression non-linéaire du logiciel Systat 13 (SPSS sciences, Chicago, USA). Le besoin optimal a été calculé à 99% et 101% de l'asymptote pour le GMQ et l'IC respectivement.

2. RESULTATS

2.1. Performances zootechniques

Essai 1 : entre 0 et 21 jours d'âge, le PV a été

Tableau 2 : Effets du taux de protéines digestibles (Ptdig%) de l'aliment sur le poids vif (g), la consommation (g/jour), le gain de poids (GMQ, g/jour) et l'indice de consommation (IC) entre 0 et 21 jours d'âge (Essai 1).

Ptdig (%)	PV J21	Conso 0-21	GMQ 0-21	IC 0-21
15,1	932 ^b	62,1	42,4 ^b	1,468 ^a
16,1	967 ^{ab}	62,6	44,1 ^a	1,423 ^b
17,2	987 ^a	62,7	45,0 ^a	1,393 ^c
18,4	985 ^a	61,6	44,9 ^a	1,377 ^c
19,6	992 ^a	62,0	45,2 ^a	1,373 ^c
ANOVA	P<0,01	NS	P<0,01	P<0,01

Les moyennes de chaque colonne ayant le même exposant ne sont pas statistiquement différentes au seuil de P<0,05

augmenté de 5,9% entre 15,1 et 17,2% de Ptdig (cf. Tableau 2).

Le GMQ a été amélioré de 1,7 g/jour entre 15,1 et 16,1% de Ptdig et tend à augmenter entre 16,1 et 17,1% (+0,9 g/jour non significatif). L'indice de consommation a été significativement amélioré entre 15,1 et 17,2% de Ptdig (-5%). Aucun effet significatif de la Ptdig n'a été mesuré sur la consommation durant cette période.

Essai 2 : entre 21 et 34 jours d'âge, le PV et le GMQ sont significativement augmentés entre les régimes contenant 13,5 et 14,5% de Ptdig (+4,6% de PV et +6,2% de GMQ respectivement, Tableau 2). L'IC est diminué de près de 7,3% entre 13,5 et 15,6% de Ptdig (non significatif). Cette diminution

tend à se prolonger à 16,5% de Ptdig. Le meilleur rendement PAC est mesuré à 16,5% de Ptdig soit de près de 1,5% d'amélioration par rapport à 13,5% de Ptdig. La même tendance est observée sur le rendement en filet avec près d'1,2% de gain entre 13,5 et 16,5% de Ptdig.

2.2. Détermination de l'optimum en Protéines digestibles

La détermination de l'optimum en Ptdig a été réalisée par phase pour le GMQ et l'IC (cf. Tableau 3). L'optimisation pour le GMQ entre 0 et 7 jours conduit à un optimum calculé de 17,2%. Il est sensiblement plus faible que l'optimisation effectuée entre 0 et 14 jours d'âge (18,5%) et légèrement inférieur à celle de toute la période 0-21 de l'essai 1 (17,8%). Entre 21 et 34 jours d'âge (essai 2), l'optimum calculé pour le GMQ est de 15,8% de Ptdig.

Globalement, un niveau plus élevé de Ptdig est calculé pour optimiser l'IC en comparaison de celui obtenu pour le GMQ. Il est de 18,5% entre 0 et 7 jours et comme pour le GMQ ce niveau semble assez faible. Entre 0 et 14 jours le niveau de Ptdig pour optimiser l'IC est largement supérieur : 20,6%. Sur l'ensemble de la période, il est de 18,6%. Toutefois, entre 21 à 34 jours, l'optimum n'a pas pu être calculé.

3. DISCUSSION-CONCLUSION

La teneur en protéine totale d'un aliment ou d'une matière première est calculée à partir de l'azote total (Kjeldahl ou Dumas) analysé $PB=N \times 6,25$ en partant de l'hypothèse qu'une protéine possède 16% d'azote. Cette mesure est considérée comme relativement imprécise si l'on tient compte de la part d'azote non protéique ou la part de protéine dont le taux d'azote n'est pas 16% (Alhotan et Pesti, 2016). Le besoin protéique n'existe pas *per se*, il est le reflet d'un besoin minimum en acides aminés essentiels (AAE) et non essentiel (AANE). La protéine digestible est un concept permettant à partir d'une base méthodologique reproductible (atelier de digestibilité sur coq) de tenir compte en formulation de la part indigestible de la protéine pour chaque matière première. Combinée à une formulation intégrant les besoins en principaux AAE digestibles, ce nutriment serait un indicateur plus robuste de la teneur en protéine valorisable par l'animal en précisant indirectement la part d'AANE.

La définition de l'optimum nutritionnel pour ce nutriment peut être posée entre 0 et 34 jours d'âge. La réponse à la protéine totale a été étudiée dans de nombreuses publications et conditions (AAE constant ou dépendant du niveau protéique, du sexe, de la température, etc.). A niveau d'AAE constant, Smith et al (1998) ont montré une

amélioration significative des performances à des niveaux de protéine totale allant de 16 à 23%. Ces résultats ont été confirmés plus récemment par Hernandez et al (2012). Dans nos essais, la réponse des poussins mâles à la Ptdig optimal de 17,8% de Ptdig entre 0 et 21 jours, mesurée à 95% de l'asymptote du modèle exponentiel, est cohérente avec les précédentes publications. Pour le confirmer, l'équivalence en protéine totale dans notre essai est de 20,9% en utilisant une digestibilité moyenne de la protéine de 85% dans notre modèle Ptdig (digestibilité globale moyenne recalculée).

Entre 0 et 7 jours d'âge, Le niveau optimal en Ptdig est très inférieur à l'attendu : pour le GMQ comme pour l'IC. Il est possible sur cette période précoce qu'un autre facteur limitant (un acide aminé non maîtrisé ?) limitant ne permette pas une réponse optimale du poussin. Le choix initial de travailler avec un seul aliment dans cet essai permettait d'éviter toute transition d'aliment et effet de présentation mais l'équilibre en acides aminés des régimes élevés en protéine peut être discuté. Le niveau de lysine de l'aliment démarrage pourrait être une explication même si entre 0-7 jours, le niveau optimal serait de 1,06% dans l'aliment (Sklan et Noy, 2003). D'autres acides aminés non contrôlés dans pourraient être limitants. La leucine augmente fortement avec la teneur en Ptdig, elle pourrait être la cause d'une « imbalance » (déséquilibre en acides aminés) mais Burman et al (1992) n'ont pas mis en évidence un tel phénomène chez le poulet. La définition des besoins nutritionnels du très jeune animal est complexe car la part relative du sac vitellin résiduel, les capacités de valorisation des nutriments et la composition corporelle du croit sont mal connues (Noy et Sklan, 2002). Le nombre de travaux qui se sont intéressés à cette période est très faible toutefois, Sklan et Noy (2003) ont très bien démontré que le poussin de moins de 4 jours d'âge n'est pas sensible aux variations de taux protéique de l'aliment. Sur le terrain, les pratiques sont tout autres et les niveaux protéiques proposés dès la mise en place sont extrêmement élevés. Le démarrage est une période cruciale pour assurer la performance mais le poussin est sensible sur le plan digestif et un excès

protéiques à cet âge peut être à l'origine de dysbioses (Drew et al, 2004).

Entre 21 et 34 jours d'âge, la modélisation de la réponse de l'IC à l'augmentation du taux de Ptdig n'a pas été possible car la forme de réponse reste linéaire dans toute la plage de Ptdig considérée. L'optimum sur cette période pourrait être plus élevé qu'attendu (> à 16,5% de Ptdig) et, si l'on extrapole l'équation de la figure 1, plus proche des 19%. Pourtant, le taux de Ptdig optimal pour le GMQ est de 15,8%, en cohérence avec les données de la littérature et les préconisations du terrain. Les résultats des mesures à l'abattoir, semblent sensiblement améliorés avec l'aliment à 16,5% de Ptdig ce qui confirme qu'il serait utile de conduire un nouvel essai avec un à deux niveaux de Ptdig supplémentaires pour l'IC optimal.

Pour valider les niveaux optimaux calculés à partir du modèle exponentiel, pour chaque période et sous période d'âge de l'essai (0-14 jours ; 7-14 jours ; 0-21 jours ; 14-21 jours ; etc...) une régression entre le niveau calculé et l'âge moyen de la période considérée est présentée Figure 1. Sans tenir compte de la période 0-7 jours d'âge, la relation est significative et strictement linéaire ($R^2=0,94$) conformément aux calculs issus de la modélisation des besoins nutritionnels de Talpaz et al (1988).

En conclusion, ces deux essais ont permis de définir des recommandations en Ptdig utiles à l'optimisation des performances de croissance de volailles à fort potentiel de croissance. Ces valeurs doivent toutefois être modulées car il ne peut être écarté qu'un facteur limitant la performance de la première semaine ai pu avoir des conséquences à plus long terme. Les besoins nutritionnels du très jeune poussin mériteraient de plus amples investigations.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Arnaud COUSIN, et l'ensemble du personnel de la station expérimentale de Montfaucon qui a participé activement à ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Alhotan R.A., Pesti G.M., 2016. Br. Poult. Sci., (57), 538-550.
Burman D., Emmans G.C., Gous R.M., 1992. Br. Poult. Sci., (33), 71-87.
Drew M.D., Syed N.A., Goldade B.G., Laarveld B., Van Kessel A.G., 2004. Poult. Sci., (83), 414-420.
Hernandez F., Lopez M., Martinez S., Megias M.D., Catala P., Madrid J., 2012. Poult. Sci., (91), 683-692.
Morris T.R., Njuru D.M., 1990. Br. Poult. Sci., (31), 803-809.
Noy Y., Sklan D., 2002. Poult. Sci., (81), 391-399.
Pesti G.M., 2009. J. Appl. Poult. Res., (18), 477-486.
Sklan D., Noy Y., 2003. Br. Poult. Sci., (44), 266-274.
Smith E.R., Pesti G.M., Bakalli R.I., Ware G.O., Menten J.F.M., 1998. Poult. Sci., (77), 1678-1687.
Talpaz H., Hurwitz S., de la Torre J., Sharpe P.J.H., 1988. Amer. J. Agr. Econ., 382-390.

Tableau 2 : composition et principales caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

		Essai 1					Essai 2			
		15,1	16,2	17,2	18,4	19,6	13,5	14,5	15,6	16,5
Blé	%	33,9	30,0	22,8	21,7	33,0	38,5	40,1	39,7	40
Maïs	%	35,9	39,0	42,4	40,1	29,5	30	25	23,5	23
Son de blé	%	2,7			2,6		3,0	2,5	0,0	0,0
Gluten de Maïs 60	%			4,6	8,2	8,3	3,0	3,5	3,5	3,0
Tteaux de colza deshuilé	%	6,0	2,5	6,0	6,0		7,0	7,0	7,0	7,0
Tteaux de Soja 48	%	17,3	21,7	16,7	15,4	20,1	7,0	11,5	17,0	24,0
Tteaux de Tournesol Metro	%		3,00	3,80	2,50	5,80	7,0	7,0	6,4	0,4
Carbonate de Calcium	%	0,65	0,55	0,61	0,57	0,64	0,60	0,30	0,27	0,27
Phosphate Bicalcique	%	1,17	1,23	1,22	1,19	1,20	0,72	0,70	0,72	0,73
Sel Raffiné	%	0,13	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	0,17	0,22	0,24
Bicarbonate de sodium	%	0,26	0,25	0,28	0,25	0,25	0,44	0,20	0,13	0,10
L Lysine 78	%	0,49	0,40	0,44	0,45	0,37	0,63	0,48	0,35	0,19
DL Méthio	%	0,21	0,19	0,11	0,06	0,05	0,21	0,18	0,17	0,16
L Thréonine	%	0,14	0,09	0,05	0,01		0,19	0,13	0,06	0,01
L Thryptophane	%						0,03			
L Valine	%	0,16	0,11	0,03			0,20	0,12	0,05	
L Arginine	%	0,20	0,10	0,12	0,11		0,27	0,14	0,03	
L Isoleucine	%	0,10	0,04				0,16	0,08		
L leucine	%						0,03			
Premix+Enzymes	%	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90
Caractéristiques calculées des Aliments										
Energie Volaille	Kcal/kg	2850	2850	2850	2850	2850	2980	2980	2980	2980
Protéine Brute	%	18,6	19,2	20,3	21,5	22,4	16,2	17,3	18,6	19,7
Protéine Digestible	%	15,1	16,1	17,2	18,4	19,6	13,5	14,5	15,6	16,5
Matières Grasses	%	2,19	2,19	2,32	2,32	2,00	5,08	5,49	5,45	4,97
Cellulose Brute	%	3,64	3,93	4,26	4,06	4,26	5,01	5,20	5,14	4,17
Lysine dig	%	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,01	1,00
Méthionine dig	%	0,53	0,53	0,50	0,48	0,48	0,51	0,51	0,51	0,51
Méthio+Cyst dig	%	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,75	0,76	0,79	0,80
Thréonine dig	%	0,70	0,70	0,70	0,71	0,73	0,65	0,65	0,65	0,65
Tryptophane dig	%	0,19	0,21	0,20	0,20	0,22	0,18	0,18	0,21	0,22
Arginine dig	%	1,15	1,15	1,15	1,16	1,15	1,05	1,05	1,06	1,10
Valine dig	%	0,86	0,86	0,86	0,89	0,93	0,78	0,78	0,79	0,79
Isoleucine dig	%	0,72	0,72	0,73	0,78	0,84	0,66	0,66	0,66	0,72
Leucine dig	%	1,25	1,34	1,69	1,98	2,03	1,05	1,12	1,25	1,36
Calcium	%	0,87	0,84	0,88	0,84	0,86	0,81	0,69	0,69	0,69
Phosphore dig	%	0,32	0,31	0,31	0,32	0,31	0,35	0,35	0,35	0,35
Sodium	%	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,18	0,13	0,13	0,13

Tableau 2 : Effets de l'augmentation du taux de protéine digestible dans l'aliment (%) sur le poids vif (g), la consommation (g/jour), le gain de poids (GMQ, g/jour) et l'indice de consommation (IC), les rendements carcasse (PAC) et filets de poulets Ross PM3 entre 21 et 34 jours d'âge (Essai 2).

Protéine Digestible (%)	PV J21	PV J34	Conso 21-34	GMQ 21-34	IC 21-34	Rendement PAC (%)	Rendement Filet (%)
13,5	932	2396 ^b	184,1 ^{ab}	112,6 ^b	1,628 ^a	76,8 ^{ab}	21,0 ^b
14,5	947	2506 ^a	189,9 ^a	119,9 ^a	1,582 ^a	76,7 ^{ab}	21,8 ^{ab}
15,6	947	2494 ^a	177,6 ^{ab}	119,6 ^a	1,509 ^b	76,1 ^b	21,3 ^{ab}
16,5	962	2500 ^a	171,9 ^b	118,3 ^a	1,462 ^b	78,3 ^a	22,2 ^a
ANOVA	NS	P<0,05	P<0,01	P<0,05	P<0,001	P<0,05	p<0,05

Les moyennes de chaque colonne ayant le même exposant ne sont pas statistiquement différentes au seuil de P<0,05

Tableau 3 : Modélisation de la réponse à l'augmentation de la teneur en protéine digestible (Ptdig) du régime et détermination du besoin à 99% de l'asymptote pour le GMQ et 101% de l'asymptote pour l'IC à partir des essais 1 et 2*). (Modèle exponentiel : $GMQ \text{ (ou IC)} = A + B \times (1 - \exp(-C \times [Ptdig (\%)]))$).

Paramètre optimisé	Période	A	B	C	R ²	Optimum Ptdig
GMQ	0-7 jours	-32521	32542	0,693	0,52	17,2
	0-14 jours	-111556	111588	0,693	0,92	18,4
	0-21 jours	-102494	102540	0,693	0,97	17,8
	*21-34 jours	-242229	242349	0,774	0,69	15,8
IC	0-7 jours	3950,5	-3949,5	0,693	0,95	18,5
	0-14 jours	106,8	-105,6	0,439	0,97	20,6
	0-21 jours	895,5	-894,1	0,600	0,99	18,5
	*21-34 jours		Non calculable			ND

Figure 1. Evolution du besoin en protéine digestible (Ptdig) en fonction de l'âge moyen (>7 jours) de la période d'optimisation modélisée pour le GMQ (Issu de l'optimisation des périodes 0-14 jours ; 0-21 jours, 7-14 jours ; 14-21 jours et 21-34).

