

BENEFICES ENVIRONNEMENTAUX DE LA BAISSSE DU NIVEAU DE PROTEINE BRUTE DANS L'ALIMENT POULET DE CHAIR : QUANTIFICATION PAR APPROCHE META-ANALYTIQUE

**Nozeran Anaïs¹, Fontaine Simon¹, Létourneau-Montminy Marie Pierre², Lambert
William¹**

¹*METEX NØØVISTAGO – 32 Rue Guersant - 75017 PARIS,*

²*Université LAVAL - 2325 Rue de l'université – QC G1V 0A6 QUEBEC, CANADA*
Simon.fontaine@metex-noovistago.com

RÉSUMÉ

Le développement de stratégies alimentaires favorisant l'utilisation optimale des ressources protéiques représente un levier d'action majeur pour assurer la durabilité des productions avicoles. Une méta-analyse a été réalisée afin d'évaluer les effets de la réduction de la matière azotée totale (MAT) sur l'impact environnemental de la production de poulets de chair. Une base de données compilant 29 essais commerciaux a été créée. Les essais devaient répondre aux critères suivants : 1) la baisse de protéine était l'objectif de l'essai, 2) être menés par des entreprises du secteur avicole, 3) les aliments formulés devaient être iso-énergie et iso-lysine digestible au sein d'un essai, 4) la fourniture en acides aminés (AA) indispensables devait couvrir les recommandations Rostagno et al. (2017) avec une variation de 5%. Dans ces essais, la réduction en MAT entraîne un remplacement total ou partiel dans l'aliment du tourteau de soja par des céréales (maïs, blé), tourteaux d'oléagineux (colza, tournesol), coproduits végétaux ou légumineuses, et AA libres. Des analyses de la variance (ANOVA) d'indicateurs d'intérêt ont été menées en modèle linéaire général avec l'expérience en effet fixe et le taux de MAT en covariable. Tous les résultats sont exprimés ensuite par point de réduction de MAT. La réduction de MAT accompagnée d'un maintien de la lysine digestible et des AA indispensables permet d'améliorer l'efficacité azotée (+3,3 points de % ; $P < 0,001$), de réduire les excréments quotidiens d'azote (-0,18 g N/j ; -12,1 % ; $P < 0,001$), les émissions totales de protoxyde d'azote (-0,12 g N₂O ; -16,2 % ; $P < 0,001$) et d'ammoniac (-1,6 g NH₃ ; -22,5 % ; $P < 0,001$). L'empreinte carbone calculée par tonne de poids vif sur la période est significativement réduite, mais cette réduction varie en fonction des AA utilisés, qu'ils soient produits en Europe (-145 kg eq.CO₂/ T poids vif ; -7,3 % ; $P < 0,001$) ou hors Europe (-35 kg eq.CO₂/ T poids vif ; -1,6 % ; $P < 0,001$). Cette méta-analyse permet de mieux appréhender et quantifier les bénéfices environnementaux liés à une stratégie de réduction du taux protéique dans l'aliment poulet de chair.

ABSTRACT

Environmental benefits of crude protein reduction in broiler chicken diets: quantification via a meta-analysis

Development of feeding strategies favouring optimal usage of protein resources represents a major action lever to ensure sustainability of poultry sector. A meta-analysis was run to evaluate effects of different strategies of crude protein (CP) reduction on environmental impact of broiler chicken production. A database compiling 29 trials was created. Trials had to fulfil certain criteria as follows: 1) to be run by poultry sector companies, 2) formulated diets had to be iso-energetic and iso-digestible lysine in a same trial, 3) essential amino acids (AA) levels in the diets were assumed at requirements. In these trials, reducing CP led to its partial or total replacement with cereals (corn, wheat), meals (rapeseed, sunflower), other vegetable by-products or legume seeds, and free AA. Analyses of variance (ANOVA) were performed for interest indicators with general linear models including experiment as a fixed effect and CP level as a covariate. Following results are expressed per point of CP reduction. Reducing CP together with maintaining digestible lysine and essential AA improves nitrogen retention efficiency (+3.3% pt ; $P < 0.001$), reduces nitrogen daily excretion (-0.18 g N/d ; -12.1% ; $P < 0.001$), nitrogen peroxide total emissions (-0.12 g N₂O ; -16.2% ; $P < 0.001$), as well as ammonia emissions (-1.6 g NH₃ ; -22.5% ; $P < 0.001$). Carbon footprint calculated per ton of liveweight on experimental period is also more or less reduced, whether the AA used were produced in Europe (-145 kg eq.CO₂/ T liveweight ; -7.3 % ; $P < 0.001$) or outside Europe (-35 kg eq.CO₂/ T liveweight ; -1.6 % ; $P < 0.001$). This meta-analysis allows us to better understand and quantify environmental benefits related to a CP-reduction in the diets of broiler chickens.

INTRODUCTION

La nécessité de mesurer et maîtriser les impacts environnementaux des activités agricoles se fait chaque jour plus prégnante. La filière poulet de chair est associée à des problèmes liés à l'azote (N), aux émissions d'ammoniac (NH_3) et de CO_2 par la consommation de tourteaux de soja importée. En effet, en fonction de son origine, cette matière première est potentiellement issue de la déforestation, facteur pris en compte lors du calcul de l'empreinte carbone. La diminution de la teneur en protéine de l'aliment est une stratégie alimentaire permettant d'avoir un effet positif sur ces deux problématiques. En revanche, il est nécessaire de maintenir les performances des animaux. Cela est rendu possible par l'utilisation d'acides aminés (AA) libres commercialement disponibles (L-Arginine, L-Isoleucine, L-Valine entre autres). Ainsi, l'objectif de la méta-analyse présentée ici était notamment de quantifier les bénéfices de la réduction de la teneur en protéine brute de l'aliment poulet de chair à partir d'essais représentant au mieux les conditions terrain.

1. MATERIELS ET METHODES

1.1. Base de données

Tous les essais commerciaux réalisés entre 2015 et 2021 par l'entreprise METEX NØØVISTAGO avec des partenaires commerciaux ou de recherche et respectant certains critères ont été rassemblés dans une base de données. Deux publications récentes (Lemme et al., 2019 ; Van Harn et al., 2019) ont été ajoutés car respectant également les critères qui sont les suivants : 1) la baisse de protéine était l'objectif de l'essai, 2) être menés par des entreprises du secteur avicole, 3) les aliments formulés sont iso-énergétiques et iso-lysine digestible, et 4) les AA indispensables jusqu'à arginine, valine et isoleucine doivent être contrôlés selon Rostagno et al. (2017) avec une variabilité de 5%. Au total, 20 essais répartis en 29 expériences en fonction des protocoles d'essais ont été rassemblés. Dans le cadre de la méta-analyse, les expériences issues d'un même essai ont été considérées comme indépendantes car répondant à des baisses de MAT d'ampleur différentes toutes caractéristiques égales par ailleurs.

Les essais rassemblés présentent une variété des génétiques, de sexage des animaux, d'âge à l'abattage, de phases alimentaires et de stratégie de remplacement du soja qui permettent de tester la réponse des animaux dans une grande variété de situations et d'observer une potentielle homogénéité de réponse.

Les caractéristiques nutritionnelles des aliments des essais ont été recalculés à partir des tables INRA-AFZ 2004 exceptée la matière azotée totale (MAT), analysée dans le laboratoire de METEX

NØØVISTAGO. Seules ont été utilisées les valeurs de MAT recalculées pour les essais issus de publications externes.

Les indicateurs de performances ont été mesurés dans chaque essai (données non-montrées). Les indicateurs d'impact environnemental ont été calculés, pour N et ses dérivés (ammoniac, NH_3 ; protoxyde d'azote, N_2O) à partir des données de performance ainsi que de modèles développés à partir des travaux de Belloir et al. (2017) pour l'excrétion et la volatilisation de N. Le calcul de la volatilisation de NH_3 s'est basé sur la valeur d'excrétion de N et une méthode de calcul développée par le GIEC y a été appliquée. Quant aux émissions de N_2O , un calcul supplémentaire à l'excrétion de N issu de recommandations de l'EMEP a été appliqué. Les émissions de CO_2 ont d'abord été calculées par tonne d'aliment produit. L'analyse de cycle de vie des aliments a donc été effectuée jusqu'à la sortie de l'usine de fabrication. Pour les matières premières, les valeurs utilisées ont été extraites de la base de données GFLI 2019. Les valeurs des micro-ingrédients ont été prises dans la base de données EcoAlim v7 du fait de l'absence de données pour ces ingrédients dans GFLI 2019. Les valeurs utilisées étaient les valeurs RER, autrement dit les valeurs moyennes en fonction de l'utilisation européenne. Pour les AA libres, les valeurs utilisées ont été extraites de l'analyse de cycle de vie réalisée par l'entreprise EVEA sur les AA de METEX NØØVISTAGO et d'autres AA disponibles sur le marché (Cappelaere et al., 2022). Ces valeurs par tonne d'aliment ont ensuite été croisées avec les données de performance des animaux afin d'obtenir l'empreinte carbone par tonne de poids vif de poulet. L'analyse de cycle de vie de la tonne de poids vif de poulet est donc allée jusqu'à la sortie du bâtiment d'élevage.

1.2. Analyse statistique

Les indicateurs environnementaux d'intérêt ont été analysés *via* des analyses de la variance (ANOVA) de type III en générant pour chaque indicateur un modèle linéaire général avec l'effet essai en effet fixe et le taux de MAT en covariable. Les calculs ont tous été effectués sur Minitab version 19.2020.1.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Effet sur l'azote, son utilisation et ses dérivés

La réduction de la MAT dans l'aliment des poulets de chair entraîne une hausse significative de l'efficacité azotée des animaux de +3,3 points de % par point de baisse de MAT ($P < 0,001$; figure 1). Cela s'explique par un maintien des performances (données non-montrées) et donc un maintien du dépôt de muscle en dépit d'une baisse de N ingéré. Par conséquent, les excréments quotidiens d'N sont réduites significativement de 0,18 g N/ j/ animal par point de

baisse de MAT ($P < 0,001$), ce qui équivaut à une réduction de 12,1% par point de baisse. Par ailleurs, les émissions totales de N_2O et de NH_3 sont également significativement réduites de 0,12 g N_2O ($P < 0,001$) et 1,6 g NH_3 ($P < 0,001$) par animal par point de baisse de MAT. Cela correspond à des baisses de 16,2 % et 22,5% par point de baisse de MAT, respectivement.

Ces résultats sont globalement en accord avec les observations de Méda et al. (2011), Wiedemann et al. (2016) et Belloir et al. (2017), qui ont observé une augmentation significative de l'efficacité azotée ainsi qu'une baisse de l'excrétion d'N. En revanche, il est important de noter que les aliments doivent être supplémentés avec des AA libres afin de répondre aux besoins en AA essentiels des animaux et ainsi maintenir leurs performances (Méda et al., 2019).

La baisse des émissions d' NH_3 est liée à la baisse des excréments d'N, mais aussi à une baisse de l'humidité de la litière (Hernández et al., 2012 ; Wiedemann et al., 2016 ; Belloir et al., 2017). Une baisse de teneur en MAT de l'aliment s'accompagne en général d'un remplacement du tourteau de soja par des céréales et des AA libres dans l'aliment. Or, le tourteau de soja est riche en potassium, qui stimule la consommation d'eau et augmente l'humidité des fientes. Une baisse de l'ingestion de tourteau de soja entraîne donc une baisse de l'ingestion d'eau et donc de son excrétion. Une baisse de l'humidité des fientes entraîne une baisse de l'humidité de litière, et donc une baisse de la prévalence des pododermatites. Selon Belloir et al. (2017), la baisse de MAT dans l'aliment concomitante à la baisse d'ingestion de tourteau de soja pourrait avoir un effet synergétique sur les émissions d' NH_3 . Le N_2O est une molécule à fort potentiel de réchauffement climatique. Pourtant, il existe pour l'instant peu d'études qui mesurent cette molécule. Wiedemann et al. (2016) ont mesuré les émissions de N_2O mais n'ont pas observé d'effet direct significatif de la baisse de MAT. En revanche, la baisse des émissions de NH_3 montrait un effet indirect de baisse des émissions de N_2O .

Il s'agit de rappeler que les résultats obtenus par méta-analyse sont issus de modèles de calculs linéaires et donnent des résultats linéaires de la baisse par point de MAT dans l'aliment des poulets de chair. Les calculs de l'excrétion et de la volatilisation d'N sont sûrs et bien documentés. En revanche, on utilise des coefficients fixes pour le calcul de la volatilisation de NH_3 et des émissions de N_2O . Il est possible qu'un modèle non-linéaire soit plus adapté, avec potentiellement une altération de l'effet de la baisse de protéine, de la teneur en azote et de l'humidité de la litière sur la composition et la proportion des gaz émis à partir du N excrété. Des travaux à ce sujet sont en cours.

1.2. Effet sur l'impact carbone de la viande de poulet

D'après les calculs et les données issues de la méta-analyse, la réduction de la MAT dans l'aliment poulet de chair entraîne une baisse significative de l'empreinte carbone de la production de viande de 145 kg équivalent CO_2 par tonne de poids vif ($P < 0,001$; figure 2A), ce qui correspond à une baisse de 7,3 % par point de baisse de MAT, lorsque les valeurs d'empreinte carbone associées aux AA étaient celles liées à leur production en Europe. Lorsque les valeurs associées aux AA étaient celles liées à leur production hors Europe, la baisse de la MAT montrait encore une baisse significative de l'impact carbone de la production de viande de volaille mais seulement de 35 kg équivalent CO_2 par tonne de poids vif ($P < 0,001$; figure 2B).

Ce résultat concorde avec les données exprimées par Cappelaere et al. (2021) et Giannenas et al. (2017), qui trouvent qu'une baisse du niveau de MAT dans l'aliment entraîne une baisse de l'impact carbone, autrement appelé potentiel de réchauffement climatique (global warming potential). Cette diminution peut s'expliquer par un remplacement du tourteau de soja dans l'aliment. En effet, les éléments riches en protéines, et plus particulièrement le soja, constituent le plus gros poste lié à l'impact carbone de l'aliment des poulets de chair (Cesari et al., 2017). En le remplaçant par des matières premières possédant un impact environnemental moins important, tel que le blé, le maïs ou le tournesol, il apparaît logique que l'impact carbone de la production de viande de poulet diminue. Cette différence s'explique par la valeur élevée du soja importé liée à la déforestation et à la modification de biomes que cette culture peut entraîner, notamment en Amérique du Sud.

En revanche, Ogino et al. (2021) n'ont pas observé d'effet significatif de la baisse de la MAT d'un point de pourcentage sur les émissions de CO_2 par kg de gain, mais seulement une baisse numérique d'environ 30 kg eq. CO_2 / T de poids vif. Il est important de noter que les aliments dans cet essai n'ont pas été formulés avec les nouveaux AA disponibles, i.e. valine, isoleucine et arginine. Ceci pourrait en partie expliquer la baisse limitée de l'impact environnemental de la MAT dans l'aliment des poulets de chair.

Il est important de noter que le calcul de l'empreinte carbone d'un aliment et indirectement de l'empreinte carbone de la viande de poulet produite à partir de cet aliment dépend grandement de la valeur donnée aux matières premières lors du calcul. Il est donc essentiel d'exprimer les valeurs CO_2 utilisées dans les calculs et le choix de ces valeurs, d'autant plus que les matières premières qui le composent et la fabrication de l'aliment représentent le poste le plus fortement émetteur de CO_2 dans l'analyse de cycle de vie d'un poulet de chair, soit plus de 50% (FAO, 2013). Ici, on a pu observer que l'origine des AA peut avoir un fort effet sur l'impact carbone de l'aliment et donc de la tonne de viande de volaille produite. Les différences entre les valeurs des AA proviennent principalement des mixtes énergétiques utilisés par les pays

producteurs, mais aussi des matières premières dont sont issus les nutriments voués à la nutrition des bactéries synthétisant les AA.

CONCLUSION

Grâce aux nouveaux AA disponibles (L-Val, L-Ile, L-Arg), il est désormais plus facile de réduire la teneur en MAT de l'aliment des poulets de chair sans risquer de diminuer les performances des animaux. La baisse de la teneur en MAT permet d'améliorer l'impact environnemental de l'élevage en poulet de chair par deux leviers. D'un côté, l'efficacité azotée est améliorée, entraînant une diminution des excréments

d'N et des molécules possédant un fort impact environnemental qui en découlent (NH₃, N₂O). D'un autre côté, la baisse de la teneur en MAT de l'aliment permet une baisse d'inclusion de tourteau de soja, ce qui entraîne une baisse de l'impact carbone de l'aliment produit, plus ou moins forte en fonction de l'origine des AA utilisés, et indirectement du kg de poids vif produit. La baisse de la MAT avec supplémentation en AA de synthèse aux recommandations en incluant les nouveaux AA disponibles est donc une stratégie alimentaire permettant d'améliorer la durabilité des systèmes de productions de volaille.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belloir, P., Méda, B., Lambert, W., Corrent, E., Juin, H., Lessire, M., & Tesseraud, S., 2017. *Animal*, 11(11), 1881-1889.
- Cappelaere, L., Le Cour Grandmaison, J., Martin, N., & Lambert, W., 2021. *Frontiers in veterinary science*, 799.
- Cappelaere, L., Létourneau-Montminy, M-P., Lambert, W., Martin, N., Garcia-Launay, F. 2022, 54^{èmes} Journées de la Recherche Porcine.
- Cesari, V., Zucali, M., Sandrucci, A., Tamburini, A., Bava, L., & Toschi, I., 2017, *Journal of cleaner production*, 143, 904-911.
- FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 2013 pp. 171
- Giannenas, I., Bonos, E., Anestis, V., Filioussis, G., Papanastasiou, D. K., Bartzanas, T., ... & Skoufos, I., 2017. *PloS one*, 12(1), e0169511.
- Hernández, F., López, M., Martínez, S., Megías, M. D., Catalá, P., & Madrid, J., 2012. *Poultry Science*, 91(3), 683-692.
- Lemme, A., Hiller, P., Klahsen, M., Taube, V., Stegemann, J., & Simon, I., 2019, *Journal of Applied Poultry Research*, 28(4), 867-880.
- Méda, B., Hassouna, M., Aubert, C., Robin, P., & Dourmad, J. Y., 2011, *World's Poultry Science Journal*, 67(3), 441-456.
- Méda, B., Belloir, P., Narcy, A., & Wilfart, A., 2019, 22nd European Symposium on Poultry Nutrition (p. np).
- Ogino, A., Oishi, K., Setoguchi, A., & Osada, T., 2021, *Agriculture*, 11(10), 921.
- Rostagno, H. S., Teixeira Albino, L. F., Hannas, M. I., Donzele, J. L., ... Brito, C. O., 2017, 4. Ed., 451- 488.
- Van Harn, J., Dijkslag, M. A., & Van Krimpen, M. M., 2019, *Poultry science*, 98(10), 4868-4877.
- Wiedemann, S. G., Phillips, F. A., Naylor, T. A., McGahan, E. J., Keane, O. B., Warren, B. R., & Murphy, C. M. 2016, *Animal Production Science*, 56(9), 1404-1417.

Tableau 1. Tableau descriptif de la base de données utilisée pour la méta-analyse (n = 29 expériences)

	Moyenne	Min – Max	Ecart-type
Teneur en MAT analysée, phase expérimentale (%)	18,81	16,88 – 21,90	1,138
Teneur en Lys dig. attendue, phase expérimentale (%)	1,032	0,98 – 1,15	0,048
Ratios AA dig/Lys dig attendus (%):			
Thr	67,15	64,72 – 70,00	1,78
Val	78,26	74,40 – 82,01	1,85
Ile	67,13	64,48 – 70,57	1,71
Arg	106,96	103,00 – 114,23	3,35
Âge à l'abattage (j)	37,00	30,00 – 48,00	4,77
Génétique	Ross 308 (n = 27 expériences), Cobb 500 (n = 2 expériences)		
Périodes expérimentales	Démarrage (n = 1 expérience) ; Démarrage + Croissance (n = 1 expérience) ; Démarrage + Croissance + Finition (n = 1 expérience) ; Croissance (n = 1 expérience) ; Croissance + Finition (n = 7 expériences) ; Croissance + Finition + Retrait (n = 6 expériences) ; Vie entière (n = 12 expériences)		

Figure 1. Effet du niveau de matière azotée totale (en % de l'aliment) sur l'efficacité azotée (en points de %) des poulets de chair (n=29). La ligne rouge représente l'équation en modèle linéaire général des données de la méta-analyse.

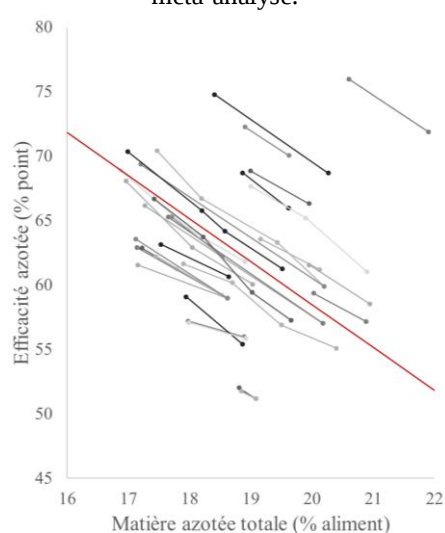
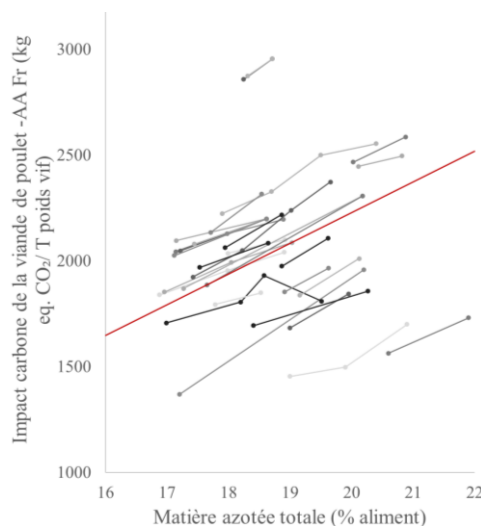


Figure 2. Effet du niveau de matière azotée totale (en % de l'aliment) sur (A) l'impact carbone des poulets de chair dont l'aliment est supplémenté en acides aminés d'origine européenne (en kg eq. CO₂/ T poids vif) (n=29) et (B) l'impact carbone des poulets de chair dont l'aliment est supplémenté en acides aminés d'origine non-européenne (en kg eq. CO₂/ T poids vif) (n=29). La ligne rouge représente l'équation en modèle linéaire général des données de la méta-analyse.

A



B

