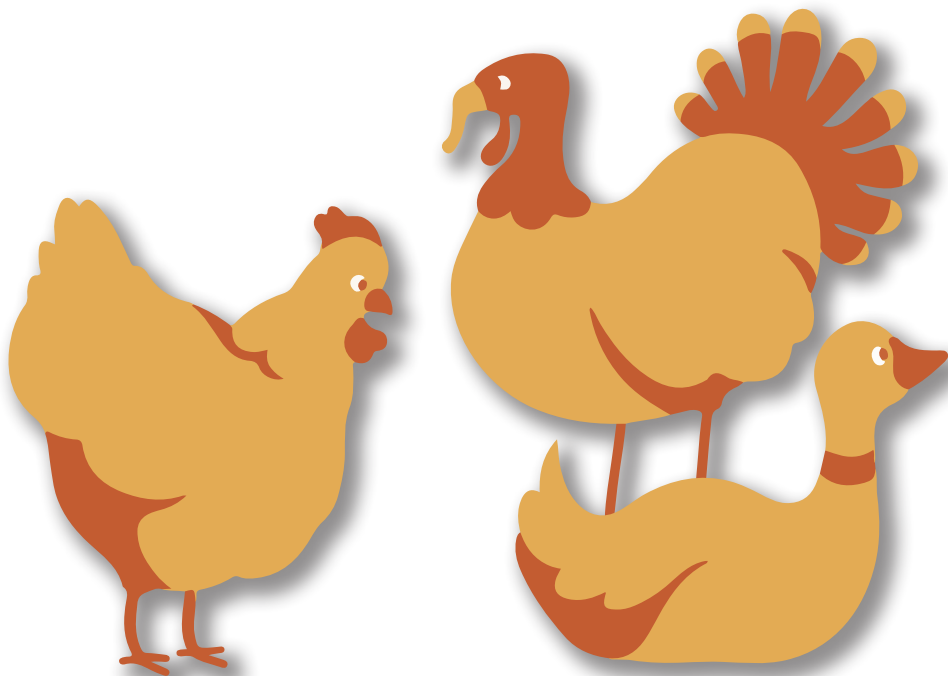


# 12<sup>e</sup> Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras



**5 & 6 avril 2017**

**TOURS - Centre des congrès Vinci**



WVPA



INRA  
SCIENCE & IMPACT



alimentation, environnement, travail



# RAISING LIFE



**NOTHING IS MORE PRECIOUS THAN LIFE. THAT IS THE PHILOSOPHY DRIVING PHILEO.**

With global population increasing, the world faces a growing demand for sustainable food.

Phileo Lesaffre Animal Care works at the crossroads of nutrition and health. We are committed to delivering poultry health and performance solutions that contribute to food safety and the responsible use of antibiotics.

In every country, our progress is led by the most advanced science as well as practical on-farm experience.

[phileo-lesaffre.com](http://phileo-lesaffre.com)



**ORVIA GOURMAUD SÉLECTION**

5, La Seigneurtière – Saint-André-Treize-Voies

85260 MONTREVERD – FRANCE

Tél : +33 (0)2 40 02 02 00 // Fax : +33 (0)2 40 02 02 07

E-mail : [contact@orvia.fr](mailto:contact@orvia.fr)

**WWW.ORVIA.FR**

# MASTERING A WHOLE PROCESS

La maîtrise de tout un process

GENETIC SELECTION / Sélection Génétique

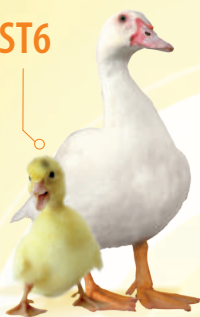
INTEGRAL INDUSTRIAL PROCESS / Processus Industriel Complet

ENVIRONMENT & ANIMAL WELFARE / Environnement & BEA

RISK MANAGEMENT / Management des Risques

CONSULTANCY & SERVICES / Conseils & Services

**ST6**



**MUSCOVY DUCK**

Canard de Barbarie

**ST5**



**PEKIN DUCK**

Canard Pékin

**STIMUL**



**MULE DUCK**

Canard Mulard

**SI**



**WHITE & GREY GEESSE**

Oie blanche & grise



**Les 12<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras ont été organisées avec le soutien financier des sociétés et organismes suivants :**



Ensemble, pour nourrir l'excellence



# SESSION NUTRITION

## Synthèse

# ALIMENTATION MATERNELLE ET NUTRITION *IN OVO*, DE NOUVELLES STRATEGIES ALIMENTAIRES PRECOCES AU SERVICE DE LA PRODUCTION AVICOLE

Métayer-Coustard Sonia<sup>1</sup>, Lesuisse Jens<sup>2</sup>, Schallier Seline<sup>2</sup>, Roffidal Lucien<sup>3</sup>, Buyse Johan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France, <sup>2</sup> Laboratory for Livestock Physiology, KU Leuven, 3001 Heverlee, Belgique, <sup>3</sup> INZO, F-35766 Saint Grégoire, France

[sonia.metayer-coustard@inra.fr](mailto:sonia.metayer-coustard@inra.fr)

## RÉSUMÉ

Dans la filière « poulet de chair », une restriction alimentaire est nécessaire pour maximiser la production d'œufs et de poussins. Cette restriction alimentaire sévère, en particulier pendant la période d'élevage, permet de maintenir la trajectoire du poids corporel dans des limites bien définies afin d'assurer une performance de reproduction correcte à l'âge adulte. Cette restriction alimentaire leur permet de se reproduire mais impacte négativement la progéniture. La période de démarrage (1ère semaine post-éclosion) est alors souvent délicate avec parfois des mortalités post-natales importantes dues aux délais d'alimentation et aux conditions d'ambiance et de transport sub-optimales. Une supplémentation en nutriments de l'œuf via l'alimentation maternelle ou via des injections *in ovo* (« *in ovo* feeding ») sont alors des stratégies innovantes pour optimiser l'apport de nutriments à l'embryon. La finalité de telles approches est d'optimiser les apports nutritionnels des reproductrices et des embryons en développement dans le but d'obtenir des poussins de meilleure qualité en termes de robustesse, croissance et/ou composition corporelle en tirant parti de la plasticité embryonnaire d'utilisation des nutriments. La manipulation très précoce de l'environnement dans lequel l'embryon se développe est très prometteuse pour analyser l'influence des conditions précoces sur l'élaboration des phénotypes à long terme que ce soit sur des critères de croissance, composition corporelle, caractéristiques tissulaires, robustesse vis-à-vis de challenges ou adaptation à des conditions d'élevage différentes. Outre les bénéfices observés pour les animaux, ces stratégies alimentaires tentent de répondre aussi à des intérêts environnementaux et économiques.

## ABSTRACT

### **Maternal feeding and *in ovo* nutrition: new early nutritional strategies to the benefit of poultry production**

In the "broiler" production, feed restriction is necessary to maximize the egg's and chick's production. This severe feed restriction, particularly during the rearing period, allows the trajectory of body weight to be maintained within well-defined limits in order to ensure correct reproductive performance in adulthood. This feed restriction allows them to reproduce but negatively impacts the offspring. The 1<sup>st</sup> post-hatching week is therefore often tricky, with sometimes significant postnatal mortalities due to feed delays and suboptimal environmental and transport conditions. Nutrient supplementations into the egg via maternal feeding or *in ovo*-injections ("in ovo feeding") are innovative strategies to optimize nutrient supply to the embryo. The aim of such approaches is to optimize the nutritional intake of breeders and embryos in order to obtain better chicks quality in terms of robustness, growth and / or body composition by taking advantage of the embryonic plasticity of an embryo. The precocious manipulation of the environment in which the embryo develops is very promising for analyzing the influence of early conditions on the development of long-term phenotypes whether on criteria of growth, body composition, tissue characteristics, and robustness towards challenges or adaptation to different breeding conditions. In addition to the benefits observed for animals, these dietary strategies also attempt to respond to environmental and economic interests.

## INTRODUCTION

La population mondiale ne cesse de croître. Les besoins tant en céréales qu'en viande augmentent considérablement. La volaille constitue une source de protéines animales plébiscitée par l'homme, rapide à produire, peu chère et non concernée par les interdits religieux. La production de volailles est en constante progression (+ 2% par an avec 107 MTEC en 2013) et occupe le second rang mondial derrière la viande de porc (114 MTEC) et loin devant la viande bovine (68 MTEC). Pour répondre à cette demande croissante, les poulets de chair ont été principalement sélectionnés pour une vitesse de croissance rapide. Le poulet étant abattu à poids fixe, l'augmentation des vitesses de croissance s'est accompagnée d'une diminution de l'ordre de 1 jour par an de l'âge d'abattage. En Europe, cette sélection a conduit à une diminution remarquable du temps nécessaire pour atteindre le poids vif commercial de 2,5 kg, il est de moins de 6 semaines à l'heure actuelle pour des poulets de chair « standard » (Arnould *et al.*, 2011). Cette stratégie de sélection s'est inévitablement accompagnée d'effets indésirables tels que l'augmentation de l'engraissement et de l'incidence de maladies métaboliques (Decuyper *et al.*, 2003). Pour ce qui est des reproducteurs, une alimentation *ad libitum* conduit à une obésité excessive avec une capacité de reproduction très faible, une morbidité et un taux de mortalité élevés. Cette pratique a par ailleurs un impact sérieux sur le bien-être des oiseaux (Decuyper *et al.*, 2010; De Jong et Guémené, 2011) et sur l'intégrité des animaux, qui va au-delà des préoccupations de santé et de bien-être (Decuyper *et al.*, 2010). L'intégration des deux aspects croissance et reproduction est relativement incompatible et est reconnue comme le paradoxe «croissance rapide contre reproduction - santé».

Dans la filière « poulet de chair », une restriction alimentaire est donc réalisée pour maximiser la production d'œufs et de poussins. De nos jours, les reproductrices reçoivent en moyenne 25% de ce qu'elles consommeraient normalement en mode *ad libitum*. Cette restriction alimentaire sévère permet de maintenir la trajectoire du poids corporel dans des limites bien définies afin d'assurer une performance de reproduction correcte à l'âge adulte. Cette restriction alimentaire leur permet de se reproduire mais impacte négativement la progéniture. En effet, la restriction des reproducteurs, les niveaux de production d'œufs soutenus ou autres stress peuvent faire varier la composition de l'œuf, qui peut alors être déficitaire en nutriments critiques nécessaires au bon démarrage du poussin. La période de démarrage (1ère semaine post-éclosion) est alors souvent délicate et être la cause de contreperformances dues aux délais d'alimentation et aux conditions d'ambiance et de transport sub-optimales.

L'amélioration de l'efficacité des productions animales reste l'un des meilleurs objectifs actuels pour augmenter la disponibilité des produits sans accroître l'impact environnemental. Ainsi, des modèles de production alternatifs sont actuellement développés pour réduire les intrants et optimiser leur utilisation tout en assurant la durabilité du système de production. Chez les animaux en croissance, tout changement quantitatif (niveaux d'énergie et de protéines ...) ou qualitatif (type de régime alimentaire, apport en nutriments ou schéma de distribution ...) dans l'alimentation affecte le métabolisme. Cela a des conséquences sur la consommation d'énergie, l'efficacité alimentaire, la répartition des éléments nutritifs entre les tissus ou les organes et donc sur la composition corporelle et la qualité de la viande.

Cet état de fait est aussi vrai pour un embryon en cours de développement. Une supplémentation en nutriments de l'œuf via l'alimentation maternelle ou via des injections *in ovo* (« *in ovo feeding* ») sont alors des stratégies innovantes pour optimiser l'apport de nutriments à l'embryon et améliorer les conditions de démarrage des poussins et leur robustesse. La période d'incubation et la première semaine d'âge sont essentielles pour leur santé, leur bien-être et leurs performances de croissance (Yassin *et al.*, 2009; Bigot *et al.*, 2003). Ces stratégies alimentaires précoces tentent de répondre à deux principaux objectifs:

- Une action en réparation : le rationnement des reproductrices, pas ou mal compensé par la concentration des aliments, la sollicitation des reproductrices etc. peut induire une moins bonne qualité de poussins via les transferts dans l'œuf.

- Une action préventive : ajouter des « nutriments » dans l'œuf est une voie possible pour améliorer la qualité et le bien être des poussins au démarrage, ainsi la performance et la robustesse des poulets de chair en croissance. Cette deuxième raison est d'autant plus justifiée que leur âge d'abattage n'arrête pas de s'abaisser et donc la phase de démarrage en relatif prend de plus en plus d'importance. Les 10 premiers jours de vie représentaient 18% de la vie d'un poulet de chair en 1980, aujourd'hui ils représentent 28%.

La finalité de telles approches est d'optimiser les apports nutritionnels des reproductrices et des embryons en développement dans le but d'obtenir des poussins de meilleure qualité en termes de robustesse, croissance et/ou composition corporelle en tirant parti de la plasticité embryonnaire d'utilisation des nutriments.

## 1. DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

La durée du développement embryonnaire et néonatal de l'oiseau varie en fonction de celle de la vie de l'oiseau car toutes deux correspondent à la vitesse de croissance de l'oiseau. Etant donné que le

poids d'abattage des animaux est atteint de plus en plus tôt, le développement embryonnaire représente environ 50% de la vie d'un poulet de chair moderne. Elle varie de 10 jours chez le Vacher (*Molothrus sp.*) à 80 jours chez l'Albatros royal. Les canards ont besoin de 28 à 36 jours (respectivement pour le Pekin et le Barbarie); les oies, de 30 à 35 jours et les poulets domestiques de 21 jours. Chez les vertébrés ovipares (comme les oiseaux), le développement embryonnaire s'effectue totalement dans l'œuf, indépendamment de la mère. L'œuf constitue alors une enceinte close naturelle qui renferme tous les éléments nécessaires à la survie, au développement et à la protection d'un embryon lorsqu'ils sont incubés dans de bonnes conditions (température, humidité et retournement). Il contient l'ensemble des nutriments nécessaires au développement du poussin et permet leur utilisation sans possibilité d'élimination de déchets, puisque seuls les échanges gazeux se font avec le milieu extérieur.

### 1.1. L'œuf et les annexes embryonnaires

La défense physique de l'embryon est assurée en premier lieu par la coquille, qui constitue une enveloppe protectrice (Figure 1). Formée de cristaux de carbonate de calcium, la coquille est poreuse. Elle permet ainsi les échanges gazeux mais induit des pertes en eau. Trois annexes permettent à l'embryon de se développer indépendamment de la mère :

- l'amnios délimite la cavité dans lequel baigne l'embryon. Il isole l'embryon et le protège.
- le sac vitellin, dont la paroi est très vascularisée, renferme les réserves vitellines (vitellus ou jaune).
- l'allantoïde sert de réservoir des déchets notamment azotés (acide urique) éliminés par l'embryon. Sa paroi vascularisée constitue également le site d'échanges respiratoires (via les pores de la coquille). En outre, des sels de la coquille peuvent être absorbés au niveau de l'allantoïde et transférés à l'embryon pour la calcification de son squelette. L'allantoïde est également un organe de stockage pour de nombreux acides aminés libres et composés apparentés. Ces composés sont importants pour la nutrition de l'embryon pendant la phase d'incubation tardive.

### 1.2. Sources et nature des nutriments et molécules actives disponibles pour l'embryon en développement

La principale source de nutriments de l'embryon pendant les deux premières semaines de son développement est le vitellus ou jaune. Il est majoritairement composé de lipides et de protéines. La teneur en glucides de l'œuf est très limitée. A l'exception des immunoglobulines présentes dans le jaune, l'essentiel des protéines, les triglycérides, les phospholipides et le cholestérol sont synthétisés par le foie de la poule reproductrice. Les lipides et les protéines représentent respectivement 65 et 16% de

la matière sèche du jaune. Les lipides sont alors la principale source d'énergie pour l'embryon en développement (Moran 2007 ; Cherian, 2015). L'ensemble des protéines du jaune d'œuf constitue aussi une réserve de nutriments. Outre leur valeur nutritive, de nombreuses protéines présentent aussi des activités biologiques propres, de transport et de stockage de vitamines (« riboflavin-binding protein », « vitamin-D-binding protein », avidine) ou d'ions métalliques (ovotransferrine, phosvitine), d'activités inhibitrice de lipases (apovitellénine), etc. (Bourin 2011). Enfin, le jaune contient aussi des molécules liposolubles telles que les vitamines A, D, E et les caroténoïdes. Ces derniers proviennent exclusivement de l'alimentation maternelle. Des molécules possédant un potentiel antimicrobien sont également présentes dans le jaune d'œuf (Bourin *et al.*, 2011).

A partir de 14 jours de développement, l'embryon sera entouré d'une double enveloppe l'amnios et l'allantoïde. Dans ce dernier tiers de développement pour la poule, l'embryon aura donc accès à d'autres nutriments présents dans ces deux annexes (riches en eau et en protéines). Après vingt jours, le poussin est dans sa position d'éclosion, le bec a percé la chambre à air, et la respiration pulmonaire a commencé. Après 21 jours d'incubation, le poussin sort finalement de sa coquille. L'allantoïde, qui lui a servi de poumons, sèche car le poussin utilise ses propres poumons. Lors de l'éclosion, l'amnios et l'allantoïde sont éliminés avec la coquille, l'albumen a été utilisé et le vitellus restant se rétracte dans l'abdomen de l'animal. Le poussin passe alors d'une alimentation principalement lipidique et protéique à une alimentation glucidique dès lors qu'il est transporté et mis en place chez l'éleveur.

## 2. MODIFICATIONS DE L'ENVIRONNEMENT DE L'EMBRYON VIA L'ALIMENTATION MATERNELLE ET CONSEQUENCES SUR L'ELABORATION DES PHENOTYPES DE LA DESCENDANCE

Le développement de l'embryon dépend de l'environnement dans lequel il baigne et des nutriments disponibles. Une voie de modulation de la composition de l'œuf est la modification du régime alimentaire de la mère (Rao *et al.*, 2009 ; Kidd *et al.*, 2005). Cet environnement peut être modulé et ainsi influencer le développement physiologique et morphologique des embryons et ainsi avoir des conséquences sur l'élaboration du phénotype des poussins (Ho *et al.*, 2011). Des liens entre la nutrition parentale, la composition de l'œuf et le comportement ultérieur des animaux (Aigueperse *et al.*, 2013), leurs performances (Bergoug *et al.*, 2013), et leur sensibilité aux maladies ont été établis. Les mécanismes sous-jacents à ces effets maternels ne sont pas toujours complètement décryptés ni compris.

## 2.1. Modifications du phénotype de poussins suite à des pratiques d'élevage vécues par leur mère

En plus de la sévérité de la restriction alimentaire appliquée aux reproductrices, le moment et la durée de la restriction alimentaire pendant la période d'élevage sont des facteurs déterminants pour les performances de ponte ultérieures et l'élaboration du phénotype des descendants. Une restriction alimentaire avant le début de la maturité sexuelle, par exemple, peut affecter toute une gamme d'hormones circulantes comme les hormones thyroïdiennes ou les hormones somatotropes (Bruggeman *et al.*, 1999), or ces hormones influencent les performances ultérieures de la descendance. D'autres modifications hormonales dans l'œuf ont été mises en évidence dans le cadre de programmes de distribution de régimes à faible teneur en protéines (Rao *et al.*, 2009). Ce régime, modifiait à la fois le taux de ponte et le poids des œufs mais aussi la quantité de leptine dans le jaune ainsi que l'expression d'un certain nombre de gènes exprimés au niveau du sac vitellin, de l'hypothalamus ou du muscle des descendants. Les poussins présentaient un poids plus faible à l'éclosion mais une croissance post-éclosion plus rapide.

Des effets maternels, ont aussi été décrits sur le développement et la composition corporelle de poussins issus de mères restreintes. Ces descendants, nourris *ad libitum*, présentaient une croissance moindre et une plus forte adiposité comparés à des animaux dont les mères étaient moins restreintes (van der Waaij *et al.*, 2011). Ce management a engendré des pertes économiques non négligeables du fait d'une réduction de la masse corporelle des animaux et d'une diminution de leur efficacité alimentaire. Spratt et Leeson (1987) ont aussi montré des différences de dépôts protéiques et d'adiposité des carcasses sur des animaux issus de poules reproductrices nourries avec des régimes différant de par leur teneur en énergie et en protéines.

Outre leur valeur nutritionnelle, les régimes alimentaires des reproductrices peuvent avoir une signature olfactive que les embryons sont capables de capter. Les odeurs présentes lors de l'incubation, dès les premiers stades du développement du système olfactif lorsque les embryons n'ont pas encore adopté une respiration aérienne, peuvent alors influencer les futures préférences alimentaires des jeunes (Bertin *et al.*, 2011, 2012 ; Aigueperse *et al.*, 2013).

## 2.2. Modifications de la composition de l'œuf et de l'environnement de l'embryon via l'alimentation maternelle

La composition de l'œuf est assez stable et l'alimentation de la poule n'affecte pas la

composition des constituants majeurs de l'œuf (lipides ou protéines). Cependant les teneurs en nutriments essentiels comme les acides gras, les vitamines, les oligo-éléments, les caroténoïdes ou certains acides aminés peuvent être modulées et enrichies dans l'œuf via l'alimentation maternelle et induire des modifications des performances des descendants (pour revues, Kidd *et al.*, 2003; Calini et Sirri, 2007). Quelques exemples, non exhaustifs, sont détaillés ci-contre.

### Les acides gras poly-insaturés (AGPI)

Les lipides sont les éléments nutritifs majeurs du jaune disponibles pour l'embryon en développement. L'oxydation des acides gras couvre pratiquement toute la demande énergétique de l'embryon. Ils sont donc essentiels pour le développement embryonnaire, la croissance de l'oiseau, le développement de son système nerveux central et de son système immunitaire (Noble *et al.*, 1984 ; Ding and Lilburn, 1996 ; Cherian, 2015). Chez la poule, Menge *et al.* (1974) a montré que des déplétions en acides gras essentiels provoquaient des éclosions plus tardives et que les descendants présentaient une croissance plus lente par rapport à un groupe contrôle.

La structure des lipoprotéines est stable mais l'équilibre des acides gras peut être modulé via l'alimentation maternelle. Les acides gras poly-insaturés vont varier en fonction de la source lipidique ajoutée dans l'aliment. Les acides gras n-6 (AG  $\omega$ 6) [linoléique (C18:2) ou arachidonique (C20:4)] sont principalement retrouvés dans des huiles de soja, tournesol ou carthame). La teneur en acide linoléique peut ainsi être multipliée par un facteur 2 à 2,5. Les acides gras n-3 (AG  $\omega$ 3) [linoléique (C18:3), eicosapentaénoïque (EPA, C20:5) docosahexaénoïque (DHA, C22:6)] sont retrouvés dans les huiles de poisson, de lin, de millet, de colza ou encore dans les micro-algues. Les teneurs en  $\omega$ 3 totaux peuvent être multipliées par 6 à 7 fois dans l'œuf. L'acide linoléique peut être augmenté d'un facteur 25 surtout avec l'huile de lin et le DHA par 10 avec de l'huile de poisson. Des variations de la composition et de l'équilibre en acide gras dans le jaune peuvent non seulement avoir des répercussions sur l'éclosabilité, la croissance et les performances des descendants (Koppenol *et al.*, 2015) mais aussi sur leur immunité passive (Wang *et al.*, 2004). Plusieurs études ont montré qu'une l'alimentation maternelle riche en oméga 3 présentait des propriétés olfactives qui étaient transmises à l'œuf (Gonzales-Esquerria and Leeson 2000 ; Leeson *et al.*, 1998) et qui étaient perçues par les embryons. Ces odeurs représentent un outil intéressant pour réduire la néophobie alimentaire des descendants (Aigueperse *et al.*, 2013).



De nombreux travaux conduits chez l'homme et des modèles murins ont montré un effet positif des acides gras polyinsaturés n-3 à longue chaîne (AGPI n-3 LC) sur le développement et le fonctionnement du cerveau. En élevage, les canards peuvent exprimer des comportements délétères tels que le nervosisme et le picage. L'enrichissement des œufs et donc des embryons en AGPI n-3 LC peut-être réalisé en alimentant les canes avec un régime contenant les acides docosahexaénoïque (DHA) et linoléique (microalgues et huile de lin) (Baéza *et al.*, 2017). Ce régime ne modifie pas leurs performances de ponte et de reproduction et n'a pas d'effet sur le poids et la teneur en lipides des jaunes d'œufs. Par contre, les lipides des jaunes sont enrichis en AG n-3 et les canetons issus de canes alimentées avec un régime enrichi en AG n-3 ont un poids vif supérieur à J0, J28 et J56 et un indice de consommation, pour la période de croissance, inférieur. L'enrichissement en AGPI n-3 LC de l'aliment des canes réduit également la fréquence et la gravité du picage chez les canetons et réduit la durée d'immobilité tonique testée à l'âge de 19 jours. Une moindre hyperactivité et une moindre réactivité au stress des canetons issus de ces canes ont été observées.

### **Vitamines et minéraux**

Les vitamines liposolubles (vitamine A, E ou D) comme les vitamines hydrosolubles (riboflavine, B12, thiamine, biotine, acide folique...) peuvent être enrichies dans l'œuf. Dans les deux cas le processus est saturable. L'évolution réglementaire influe sur la composition de l'œuf: par exemple la diminution du taux maximum de vitamine A dans les aliments relativise la compétition entre la vitamine A et la vitamine E pour le transfert dans l'œuf.

Comme pour les acides gras, les teneurs en caroténoïdes vont varier en fonction des sources végétales utilisées. Leur rendement de dépôt dans le jaune d'œuf est variable d'une source à l'autre. Ces caroténoïdes donneront la couleur au jaune d'œuf, couleur qui dépend des caroténoïdes ingérés (quantité, capacité colorante, stabilité) mais présenteront surtout un pouvoir anti-oxydant.

Des minéraux tels que l'iode, le sélénium (Surai et Parks, 2001 ; Jiakui et Xialong, 2004 ; Chinrasri *et al.*, 2009), le magnésium ou le manganèse peuvent également être enrichis dans l'œuf. Le sélénium peut être augmenté d'un facteur 5 à 10 et sa teneur sera supérieure dans le blanc d'œuf. Cet élément est essentiel dans la lutte antioxydante chez les oiseaux et il a été montré que l'injection de Se dans la cavité amniotique des œufs en développement peut être bénéfique pour améliorer les réponses immunitaires et antioxydantes chez les poulets éclos, exposés aux pathogènes responsables de l'entérite nécrotique.

### **Acides aminés**

Les besoins en acides aminés des reproducteurs avaient historiquement été définis en mesurant la réponse des animaux en termes de production d'œufs. Devant l'évidence croissante des effets de ces acides aminés sur le phénotype des descendants, ces besoins sont actuellement ré-investigués. Des études testant différents teneurs en lysine (Ciacciariello and Tyler 2013) ou arginine digestibles (Muller Fernandes *et al.*, 2014) dans l'alimentation maternelle ont ainsi montré des effets positifs sur la descendance (ex : optimisation des performances, du rendement en carcasse, teneur en gras abdominal et qualité de l'os pour des suppléments en arginine). Les mécanismes mis en jeu sont encore peu étudiés mais dans le cas de la méthionine, acide aminé essentiel pour l'oiseau, il a été conclu que le métabolisme des descendants avait été modifié en réponse aux régimes alimentaires des reproductrices. Brun *et al.* (2013) ont en effet montré qu'un régime restreint spécifiquement en méthionine distribué à des canes, modifiait le métabolisme hépatique de leur descendance et pouvait par conséquent induire des phénotypes différents chez les canetons. Un résultat marquant de cette étude était l'interaction significative entre l'alimentation maternelle et le sexe sur le poids de foie gras de la descendance. L'augmentation du poids de foie gras des mâles de l'ordre de 20% dans cette étude pourrait être mise à profit pour réduire la durée du gavage et les coûts correspondant tout en répondant ainsi en partie à une attente sociétale qui vise à améliorer le bien-être des animaux en élevage.

### **3. SUPPLEMENTATION DES ŒUFS PAR INJECTION *IN OVO* (« *IN OVO FEEDING* »)**

L'incubation et la phase néonatale correspondent à près de 50 % de la vie d'un poulet. Il faut donc agir au plus tôt pour induire une réorientation métabolique des embryons en cours de développement. Des stratégies nutritionnelles innovantes telles que l'alimentation *in ovo* par injection de nutriments directement dans l'œuf ont été récemment développées pour assurer un approvisionnement en nutriments facilement disponibles pour soutenir et accélérer la maturation du tube digestif, optimiser le développement et la croissance du poussin dans le but d'obtenir des poussins éclos de meilleure qualité (Kadam *et al.*, 2013).

Le pourcentage d'éclosion et le poids des poussins dépendent du nutriment injecté, du site et du moment d'injection des nutriments dans l'œuf. Il semble quand même qu'avec des éléments d'une totale innocuité, l'éclosion soit affectée lorsque les injections se font précocement dans les deux premières semaines de développement embryonnaire chez la poule. Une injection, plus tardive, en fin d'incubation, a souvent moins

d'impact néfaste sur l'éclosabilité et la mortalité embryonnaire. Ces injections sont souvent réalisées au passage des œufs de l'incubateur à l'éclosoir en même temps que les vaccinations *in ovo*. Ces dernières, pratiquées en fin d'incubation permettent de vacciner précocement les animaux sans affecter leur survie ou leur éclosabilité (Breedlove *et al.*, 2011). La manipulation des animaux à l'éclosion est ainsi limitée et le stress engendré en période post-natale est minimisé. Ces pratiques sont plus rapides et permettent une plus grande uniformité dans la délivrance de la dose vaccinale ou de la solution nutritive. Les solutions de nutriments injectées sont souvent complexes. L'amnios est alors le site privilégié puisqu'en fin d'incubation les embryons sont capables d'ingérer le liquide qui y est présent.

L'oiseau étant ovipare, c'est un modèle idéal pour distinguer les effets directs des nutriments des effets maternels. En effet, chez les oiseaux, l'alimentation maternelle peut influencer à la fois l'environnement dans lequel l'embryon se développe (principale source de nutriments pour l'oiseau) mais aussi la façon dont les gènes régulant le métabolisme sont exprimés via la transmission de marques épigénétiques maternelles (Frésard *et al.*, 2013). Ce modèle permet ainsi de comprendre et de maîtriser à la fois les effets directs (via des injections *in ovo*) et indirects (via la mère) de la nutrition sur la régulation du métabolisme et ses effets à long terme sur la croissance, la composition corporelle et l'élaboration du phénotype des descendants.

Des travaux récents ont montré qu'il était ainsi possible de modifier le métabolisme des animaux par des apports exogènes en nutriments directement dans l'œuf: acides aminés, substrats énergétiques, solutions électrolytiques; hormones, nucléotides, vitamines à des moments clés de l'embryogénèse par des injections *in ovo* (Gore et Qureshi, 1997; Henry et Burke 1999; Ohta *et al.*, 1999; Kocamis *et al.*, 1999, 2000; Tako *et al.*, 2004; Uni *et al.*, 2005; Kadam *et al.*, 2008; Zhai *et al.*, 2011c; Mc Gruder *et al.*, 2011; Kornasio *et al.*, 2011; Bakyaraj *et al.*, 2012 *ect*). Ces pratiques induisent des différences de performances des poussins à l'éclosion (poids, stock de glycogène, rendement en filet), qui peuvent être maintenues jusqu'à l'âge d'abattage. Cependant, les mécanismes d'orientation précoce du métabolisme à ces périodes restent largement méconnus.

### 3.1. Enrichissement de l'œuf en substrat énergétique

L'éclosion est chez l'oiseau une étape clé critique de sa vie. Ce processus très énergivore a des conséquences sur les taux d'éclosion, de morbidité et de mortalité et à plus long terme des conséquences sur la santé, la croissance et la qualité

du produit final. En raison de la teneur limitée en glucides dans l'œuf, le maintien de l'homéostasie du glucose pendant le développement embryonnaire tardif dépend de la quantité de glucose stocké sous forme de glycogène dans le foie et de glucose généré par la gluconéogenèse à partir des protéines (protéines musculaires). Le glycérol issu du métabolisme hépatique des triglycérides (provenant du jaune d'œuf) est le substrat majeur et indispensable pour la synthèse du glycogène dans le foie et le muscle à la fin de l'incubation (Sunny et Bequette 2011). Entre 15 et 19 jours d'incubation, le foie est le lieu d'un métabolisme actif conduisant à un transfert de glucose et d'acides gras vers le muscle cervical («pipping muscle») progressivement enrichi en glucose, en glycogène et en protéines pour l'éclosion (Pulikanti *et al.*, 2010). Des niveaux faibles de glycogène hépatique sont associés à des éclosions plus tardives et longues et à une diminution du poids des poussins à l'éclosion. L'embryon doit mobiliser davantage ses protéines musculaires vers la gluconéogenèse, limitant ainsi sa croissance en fin d'éclosion et au cours de la première semaine de démarrage. L'utilisation de protéines comme source d'énergie se fera au détriment du développement musculaire. En fin d'embryogénèse, le rendement en muscle pectoral diminue de façon significative (Guerneq *et al.*, 2003). Une surexpression des gènes liés à l'atrophie tels que l'atrogine-1 et le MuRF1 observée à l'éclosion par rapport à E18 pourrait expliquer partiellement cette fonte du muscle pectoral (Everaert *et al.*, 2013). Pour limiter l'utilisation des acides gras et la protéolyse des protéines musculaires à des fins énergétiques, des injections de carbohydrates seuls ou associés à d'autres nutriments d'intérêt ont été réalisées *in ovo*.

Différentes suppléments nutritionnelles (acides aminés, glycérol, L-carnitine, glucose...) ont été injectées dans le jaune ou dans l'amnios (Figure 1) à différents stades de développement afin de modifier le métabolisme des embryons et le phénotype des animaux éclos (qualité et poids du poussin, composition corporelle, quantité de glycogène hépatique, rendement musculaire...). Les animaux ont souvent été gardés jusqu'à l'âge d'abattage pour vérifier si les effets observés à l'éclosion restaient pérennes. Uni *et al.* (2005) ont montré que l'administration à 17,5 jours d'une solution contenant des hydrates de carbone (maltose, saccharose, dextrine) et un métabolite de la leucine ( $\beta$ -hydroxy- méthylbutyrate) augmentait le poids des poussins à l'éclosion de 5 à 6%, ainsi que les réserves de glycogène hépatique de 2 à 5 fois et rendement du muscle pectoral de 6 à 8% par rapport à des poussins témoins dont les œufs n'ont pas été supplémentés. Ces performances étaient encore mesurables à 25 jours d'âge.

Une solution de vitamines, d'amidon de maïs, de sel et d'eau, dont les nutriments sont préalablement irradiés (pour éviter tout risque de contamination), injectée dans le liquide amniotique vers 17 jours d'incubation, au moment où l'embryon commence à l'ingérer, permet l'obtention de poussins présentant des villosités intestinales plus longues de 28 % dans le groupe nourri *in ovo* par rapport à celles des poussins du lot témoin selon P. Ferket (communication personnelle). La nutrition *in ovo* a aussi augmenté les réserves de glycogène et a amélioré la capacité digestive du poussin. Le taux de pattes présentant une asymétrie est réduit et le poussin est plus actif. Le gain de poids du groupe nourri *in ovo* était supérieur de 8,4 % durant les quatre premiers jours de vie. En fin d'élevage, la différence de poids vif était minime mais l'indice de consommation était sensiblement diminué.

D'autres stratégies visent à augmenter l'apport en acides aminés pour stimuler la synthèse protéique et l'accrétion protéique musculaire (Ohta *et al.*, 2001). L'administration d'acides aminés *in ovo* peut fournir aux sociétés avicoles une méthode alternative pour améliorer le poids du poulet et la composition corporelle à l'éclosion, mais les mécanismes impliqués dans la modification de l'utilisation des nutriments restent à comprendre.

### 3.2. Enrichissement des œufs en vitamines et oligo-éléments

Pour stimuler par exemple la croissance et le développement de l'os ou sa minéralisation, des injections *in ovo* de vitamine D ont été pratiquées. La vitamine D est impliquée dans le métabolisme du calcium, et des recherches antérieures ont montré une meilleure résistance osseuse (minéralisation) avec des niveaux plus élevés de vitamine D dans l'alimentation. Cependant, l'injection *in ovo* de vitamine D à E18 en prévision d'une minéralisation osseuse plus élevée à l'éclosion et à 21 jours de vie n'affecte pas toujours la qualité osseuse des animaux à l'éclosion (peut-être parce que le poussin n'a pas pu trouver le calcium et les minéraux supplémentaires du fait de la composition contrainte de l'œuf). Apparemment, une approche différente est nécessaire; peut-être une combinaison de vitamine D et certains minéraux qui pourraient être utilisés *in ovo*. Si certaines vitamines peuvent sembler sans effet sous certaines formes, d'autres peuvent se révéler toxiques. Ainsi, la vitamine D3 peut induire une calcification des os mous, et compromettre l'éclosion et augmenter la mort embryonnaire. Supplémenté sous la forme 25-hydroxycholecalciferol, biologiquement plus actif que la vitamine D3 et plus stable et moins toxique que le 1,25-dihydrocholecalciferol (Soares *et al.*, 1995), elle peut avoir des effets sur l'éclosabilité et la qualité des poussins (Bello *et al.*, 2013). La vitamine E, quant à elle, ne va pas augmenter les performances des animaux mais va améliorer

l'éclosabilité et stimuler le statut immunitaire post-éclosion des poussins (Salary *et al.*, 2014).

Des supplémentations de l'œuf en sélénium, élément essentiel dans la lutte antioxydante chez les oiseaux, a été testé sur l'efficacité de la protection des poussins contre l'entérite nécrotique (Lee S.H. *et al.*, 2014). Un effet protecteur global chez le poulet contre l'entérite nécrotique expérimentale a été mis en évidence dans cette étude. Le sélénium aurait cet effet en contrôlant l'activation des neutrophiles, des macrophages et des lymphocytes B.

### 4. COMMENT LES NUTRIMENTS PEUVENT CONTRIBUER A LA PROGRAMMATION METABOLIQUE DES ANIMAUX ET A L'ELABORATION DE LEUR PHENOTYPE

Déterminer les mécanismes par lesquels les nutriments des œufs régulent le métabolisme cellulaire, la signalisation, l'expression des gènes et la fonction est essentiel pour améliorer l'utilisation des nutriments, l'efficacité des productions avicoles et la robustesse des animaux. Peu de mécanismes ont été décryptés à ce jour chez les oiseaux. Les études, non exhaustives référencées, n'abordent souvent pas l'étude des mécanismes impliqués dans la reprogrammation métabolique des embryons. Il pourrait s'agir de régulations métaboliques similaires à celles qui ont été décrites aux périodes d'élevage plus tardives. L'importance de certains acides aminés (lysine, méthionine) n'est plus à démontrer pour la régulation des métabolismes protéique et énergétique d'animaux en croissance, avec des effets marqués sur la croissance du poulet et la qualité des produits (Berri *et al.*, 2008 ; Tesseraud *et al.*, 2009 ; Métayer *et al.*, 2008). Une telle régulation par les acides aminés utilisés comme substrats ou nutriments-signal pourrait activer différentes voies de signalisations importantes pour le contrôle du métabolisme protéino-énergétique (Tesseraud *et al.*, 2003 ; Métayer-Coustard *et al.*, 2010). D'autre part, des modifications de type épigénétique, c'est-à-dire des changements transmissibles et réversibles de l'expression des gènes, sans altération de la séquence d'ADN, pourraient également être impliquées, notamment lorsque sont injectées des molécules donneuses de groupement méthyle comme la méthionine ou d'autres micronutriments (Donohoe and Bultman, 2012 ; Anderson *et al.*, 2012). Chez les mammifères, plus de données sont disponibles. Une malnutrition maternelle entraîne un faible poids à la naissance de la progéniture. L'abondance alimentaire subséquente dans son environnement entraîne un phénomène de croissance compensatoire (Fagerberg *et al.*, 2004). La nutrition maternelle pendant la gestation modifie l'expression génique de la progéniture par des altérations épigénétiques comme les modifications de l'ADN et des histones (Simmons 2011).

L'épigénome est particulièrement dynamique au cours de l'embryogenèse et la méthylation de l'ADN nécessaire au développement normal des tissus est établie au cours du développement précoce. La méthylation de l'ADN est un important facteur épigénétique pour le maintien du silence génétique qui repose sur l'apport de groupements méthyles. Les histones sont également influencées par de nombreuses modifications post-traductionnelles (phosphorylation, ubiquitination, ADP-ribosylation, sumoylation, glycosylation). Les substrats et cofacteurs impliqués dans l'apport de groupements méthyles sont considérés comme particulièrement importants au cours des premiers stades de développement (Sinclair *et al.*, 2007b). Ainsi, la manipulation de la teneur en acides aminés soufrés de l'alimentation précoce peut induire des changements dans les fonctions cellulaires qui ont des répercussions pour le développement l'animal, sa croissance à long terme et sa santé. En effet, les acides aminés soufrés (Met) comme d'autres acides aminés (Gly, His, Ser), les vitamines (B6, B12 et folate) ou les micronutriments (bétaine et choline) jouent un rôle clé dans la fourniture de donneurs de méthyle pour l'ADN et modifications d'histones (Anderson *et al.*, 2012).

Dans diverses espèces, les régimes alimentaires sous-optimaux en acide folique, choline, méthionine et/ou la vitamine B12 et déficients en groupements méthyles distribués autour de la conception programment l'axe insulinaire et augmentent le métabolisme glucidique des descendants. Altmann *et al.* (2012) a montré que la restriction comme l'excès de protéines pendant la gestation chez le porc pouvait modifier l'expression de gènes clés impliqués dans le métabolisme de la méthionine au niveau du foie et du muscle des descendants. Ces gènes sont importants pour la condensation des chromosomes et la méthylation globale de l'ADN. Chez le rat, un régime déficient en groupement méthyl modifie le protéome hépatique des descendants à l'âge adulte (Maloney *et al.*, 2013). Pour ces raisons, la supplémentation nutritionnelle, notamment de micronutriments, est en plein développement chez les oiseaux pour essayer de programmer précocement le métabolisme des animaux et leur permettre ainsi une utilisation meilleure ou différente des nutriments mis à leur disposition.

## 5. EFFETS MULTI- ET TRANS-GENERATIONNELS

L'une des caractéristiques les plus intéressantes et les plus importantes de la programmation du développement, est la preuve chez les mammifères que les effets de la malnutrition de la mère peuvent passer de la mère sur la fille à la descendance F2 (Fernandez-Twinn *et al.*, 2015). Cette programmation est médiée par les phénomènes épigénétiques. Les mécanismes épigénétiques sont

également suggérés chez les poulets. La programmation nutritionnelle chez les espèces aviaires peut également être transmise aux générations suivantes. Un premier exemple a été décrit chez le canard (Brun *et al.*, 2015). Un régime déficitaire en méthionine donné aux reproductrices de la génération F0 affecte la croissance et le métabolisme lipidique de leurs descendants via les fils. La transmission épigénétique via le père de l'information induite par le régime reçu par les grands-mères reste cependant à démontrer.

De même, chez le poulet, une expérience transgénérationnelle avec les reproducteurs et leurs descendants a été réalisée au Laboratory for Livestock Physiology, (Leuven, Belgique). Le schéma expérimental de ce projet est présenté en Figure 2. La génération F0 de poules reproductrices de ligne pure comprend un groupe témoin (C) et un groupe alimenté avec un régime à faible teneur en protéines (LP). Les protéines brutes et tous les acides aminés ont été réduits de façon équilibrée. Le groupe C est alimenté selon les formulations alimentaires standards. Comparé au régime C, le régime LP isocalorique a été formulé pour avoir une réduction de 25% de protéines. Tous les reproducteurs ont reçu un aliment *ad libitum* pendant les deux premières semaines, après quoi ils ont reçu une alimentation restreinte pour obtenir le même poids corporel cible (Aviagen, 2013a et 2013b). Pour la génération F1, les descendants des deux groupes F0 ont été subdivisés dans un groupe C et LP. Il en résulte quatre groupes F1 (C / C, C / LP, LP / C et LP / LP). Une génération F2 a été obtenue. Tous les animaux en F2 ont reçu un régime de contrôle standard. De cette façon, il est possible de discerner entre les effets de l'alimentation directe et ceux causés par l'alimentation des générations parentales. Une diminution moyenne du poids des œufs (-3 g) et des performances de ponte (-8%) a été observée chez les LP par rapport aux contrôles. La performance de la progéniture des poulets de chair a été nettement améliorée chez les poulets de chair F0 et F1 issus des reproductrices nourries avec le régime LP. Les poulets de chair ont montré une augmentation du poids corporel et une amélioration de la RCF. Les effets positifs pourraient être expliqués par une meilleure digestibilité de l'azote total (+ 6%). Les résultats indiquent clairement qu'il est possible de programmer la performance de la progéniture en modifiant l'alimentation des reproductrices et même des grands-parents. L'induction et / ou l'hérédité de certains effets sans sélection ou modification de la séquence d'ADN des poules suggère que des mécanismes épigénétiques sont impliqués mais ils restent encore à démontrer.

## CONCLUSION

La manipulation très précoce de l'environnement dans lequel l'embryon se développe est très

prometteur pour analyser l'influence des conditions précoces sur l'élaboration des phénotypes à long terme que ce soit sur des critères de croissance, composition corporelle, caractéristiques tissulaires, robustesse vis-à-vis de challenges ou adaptation à des conditions d'élevage différentes. Ces approches visent à augmenter l'efficacité et la qualité de la production (poussin, viande) ainsi que l'adaptabilité des animaux à différents environnements. Outre les bienfaits sur le développement, la santé et le bien-être des animaux, ces stratégies alimentaires peuvent répondre à des intérêts environnementaux et bio-économiques. En effet, si les poulets de chair acquièrent par exemple, une plus grande efficacité de la rétention en azote, cela réduira d'autant plus les déchets azotés et donc la pollution, conduisant ainsi à une réduction des importations et de l'utilisation du soja et à moins d'eutrophisation du sol.

Les études de transmission trans-générationnelle sont encore anecdotiques dans la littérature chez l'oiseau et restent à développer. Un nouveau champ d'investigation s'ouvre également sur les effets des régimes alimentaires des pères et les répercussions

sur l'élaboration des phénotypes de leurs descendants. Chez les mammifères, il a été récemment montré des changements épigénétiques de la descendance en fonction du régime alimentaire des reproducteurs mâles (par exemple chez la souris). Qu'en est-il chez les Oiseaux ?

La porte est ainsi largement ouverte pour l'avenir pour programmer ou réorienter précocement le métabolisme des embryons. Il n'en demeure pas moins des questions d'actualité. Ces stratégies alimentaires sont-elles en adéquation avec l'attente sociétale. L'intervention sur les régimes alimentaires des reproductrices peut paraître plus applicable et acceptable éthiquement qu'une injection dans l'œuf et une manipulation de l'embryon. Toutefois, lorsque des reproductrices sont autant restreintes, quelle assurance avons-nous que les éléments enrichis dans l'alimentation ne seront pas détournés à leur propre profit. Quelle que ce soit l'approche employée, nutrition maternelle ou nutrition *in ovo*, est-il éthiquement souhaitable d'obtenir des animaux encore plus lourds plus rapidement et de diminuer encore leur âge d'abattage ?

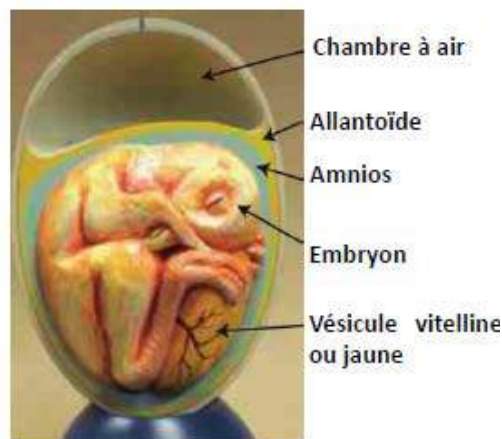
## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aigueperse N. et al., 2013. PLoS One, 8(10):e77583  
 Altmann S., 2012. Epigenetics, 7(3):239-52  
 Anderson O.S. et al., 2012. J. Nutr. Biochem., 23(8):853-9. Review  
 Arnould et al., 2011. INRA Prod. Anim., 24(2): 165-170  
 Aviagen (2013a). Ross Grandparent Management Manual, 40p  
 Aviagen (2013b). Ross Parent Stock Nutrition Specifications, 8p  
 Baéza E. et al., 2017. In : JRA-JRFG proceeding, 05-06 avril 2017, Tours  
 Bakyaraj S. et al., 2012. J. Sci. Food. Agric., 92(2):313-20  
 Bello A. et al., 2013. Poult. Sci., 92(10):2551-9  
 Bergoug H. et al., 2013. Poult. Sci., 92(12):3300-9  
 Berri C. et al., 2008. Poult. Sci., 87(3):480-4  
 Bertin A. et al., 2011. 9<sup>èmes</sup> journées de la recherche avicole, JRA, 29-30 mars 2011, Tours  
 Bertin A. et al., 2012. Chem. Senses., 37:253-261  
 Bigot K. et al., 2003. Poult. Sci., 82(5):781-8  
 Bourin M.C., 2011. In : Caractérisation fonctionnelle et biochimique des protéases et antiprotéases présentes dans le jaune d'œuf *Gallus gallus*, thèse soutenue en décembre 2011 à l'Université François Rabelais de Tours  
 Bourin M.C. et al., 2011. J. Agric. Food. Chem., 59(23):12368-74  
 Breedlove et al., 2011. Avian Dis., 55(4):667-73  
 Bruggeman V., et al. 1999. Poult. Sci., (78), 1424-1434  
 Brun J.M., 2013. In : 10<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole, JRA-JRFG, 29-30 mars 2011, La Rochelle.  
 Brun J.M., 2015. BMC Genet., 21:16:145  
 Calini F. et Sirri F., 2007. Brazilian Journal of Poultry Science. 9(2):77-83  
 Cherian, 2015. Journal of Animal Science and Biotechnology, 6:28  
 Chinrasri O. et al., 2013. Biol. Trace Elem. Res., 155(3):381-6  
 Ciacciariello M. et Tyler N.C., 2013. J. Appl. Poult. Res., 22:238-244  
 Decuyper E. et al., 2003. In : Poultry Genetics, Breeding and Biotechnology, W. Muir and S.E. Aggrey edit, Cabi Publishing, Wallingford, UK. pp. 13-28  
 Decuyper E., et al., 2003. World's Poult. Sci. J., (62), 443-453  
 Decuyper E., et al., 2010. Br. Poult. Sci., (51)569-579  
 De Jong I.C. et Guémené D., 2011. World's Poult. Sci. J., (67), 73-81  
 Ding S.T. and Lilburn M.S., 1996. Poult. Sci., 75(4):478-83

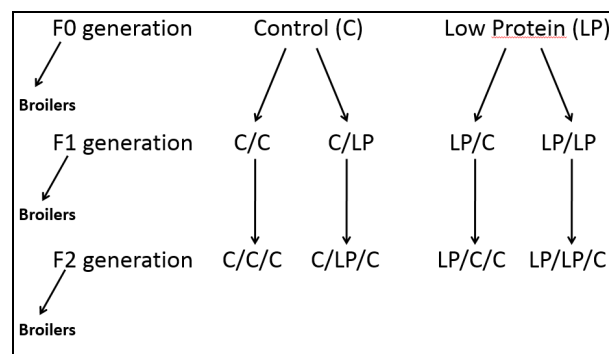


- Donohoe and Bultman, 2012. J. Cell. Physiol., 227:3169-3177
- Everaert N. et al., 2013. Br. J. Nutr., 110(2):265-74
- Fagerberg B. et al., 2004. J. Intern. Med., 256(3):254-9
- Fernandez-Twinn et al., 2015. Seminars in Cell and Developmental Biology, 43:85-95
- Frésard L. et al., 2013. Genet. Sel. Evol., 45(1):16
- Gonzalez-Esquerria R. and Leeson S., 2000. Poult. Sci., 79(11):1597-602
- Gore A.B. and Qureshi M.A., 1997. Poult. Sci. 76(7):984-91
- Guerneq A. et al., 2003. Growth. Horm. IGF Res., 13(1):8-18
- Henry M.H., Burke W.H., 1999. Poult. Sci., 78(7):1006-13
- Ho D.H. et al., 2011. J. Exp. Biol., 214(Pt 4):619-28
- Jiakui L. et Xialong W., 2004. J. Trace Elem. Med. Biol., 2004;18(1):65-8
- Kadam et al., 2008. British Poultry Science, 49(6) : 736-741
- Kadam et al., 2013. J. Sci. Food Agric., 93:3654-3661
- Kidd M.T., 2003. World Poultry Science Journal, 59 :475-494
- Kidd et al., 2005. Br. Poult. Sci., 46(1):97-103
- Kocamis H., 1999. Poult. Sci., 78(8):1219-26
- Kocamis H., 2000. Poult. Sci., 79(9):1345-50
- Koppenol et al., 2015. Poult. Sci., 94(1):43-52
- Kornasio et al., 2011. Poult. Sci., 90 :1467-1477
- Lee S.H. et al., 2014. Vet. Parasitol., 206(3-4):115-22
- Leeson S., 1998. Poult. Sci., 77(9):1436-40
- Maloney C.A. et al., 2013. Genes. Nutr., 8(2):181-90
- Mc Gruder E.D. et al., 2011. Poult. Sci., 90(5):1058-66
- Menge H. et al., 1974. J. Nutr., 104(12):1554-66
- Métayer et al., 2008. J. Nutr. Biochem., 19(4):207-15. Review
- Métayer-Coustard et al., 2010. J. Nutr., 40(9):1539-45
- Moran E.T. Jr., 2007. Poult. Sci., 86(5):1043-9
- Müller Fernandes J.I., 2014. Can. J. Anim. Sci., 94 : 313-321
- Noble R.C. et al., 1984. Poult. Sci., 63(3):558-64
- Ohta et al., 2001. Poult. Sci., 80(10):1430-6
- Pulikanti R., 2010. Poult. Sci., 89(5):860-5
- Rao K et al., 2009. Br. J. Nutr., (102), 848-857
- Salary et al., 2014. Asian Pacific journal of Tropical biomedicine., 4(2): S616-S619
- Simmons R., 2011. Proc. Nutr. Soc., 70(1):73-81
- Sinclair K.D., 2007b. Proc. Natl. Acad. Sci., U S A. 104(49):19351-6
- Soares J.H., 1995. Poult. Sci. 74(12):1919-34. Review
- Spratt R.S. and Leeson S., 1987. Poult. Sci., 66(9):1489-94
- Sunny N.E. and Bequette B.J., 2011. J. Anim. Sci., 89(12):3945-53
- Surai and Parks, 2001
- Tako E., 2004. Poult. Sci., 83(12):2023-8
- Tesseraud et al., 2003. FEBS Lett., 540(1-3):176-80.
- Tesseraud et al., 2009. Br. J. Nutr., 101(8):1132-9. Review
- Uni et al. 2005., Poult. Sci. 84 :764-770
- Van der Waaij, 2011., Animal., 5(5):741-8
- Wang Y.W. et al., 2004. Poult. Sci., 83(12):2039-43
- Yassin H., et al., 2009. Poult. Sci., 88(4):798-804
- Zhai W. et al., 2011c. Poult. Sci., 90(12):2681-8

**Figure 1.** Schéma d'un œuf embryonné en fin d'incubation présentant les différents compartiments qui peuvent être enrichis par l'alimentation maternelle ou les injections *in ovo* (adapté de Embrex)



**Figure 2.** Dispositif expérimental de l'expérience de transmission transgénérationnelle réalisée au Laboratory for Livestock Physiology, (Leuven, Belgique)



C: régime Contrôle; LP: régime à faible teneur en protéines.

**C/C:** 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> génération ont reçu le régime (C); **C/LP:** 1<sup>ère</sup> génération avec le régime (C) et 2<sup>nde</sup> génération avec régime (LP); **LP/C:** 1<sup>ère</sup> génération avec le régime (LP) et 2<sup>nde</sup> génération avec régime (C); **LP/LP:** 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> génération ont reçu le régime (LP); **C/C/C:** 1<sup>ère</sup>, 2<sup>nde</sup> et 3<sup>ième</sup> génération avec le régime (C); **C/LP/C:** 1<sup>ère</sup> génération avec le régime (C), 2<sup>nde</sup> génération avec régime (LP) et 3<sup>ième</sup> génération avec le régime C; **LP/C/C:** 1<sup>ère</sup> génération avec le régime (LP) et 2<sup>nde</sup> et 3<sup>ième</sup> génération avec régime (C); **LP/LP/C:** 1<sup>ère</sup> et 2<sup>nde</sup> génération avec le régime (LP) et 3<sup>ième</sup> génération avec le régime C.

**LES OLIGO-ELEMENTS : DU « FEED » AU « FOOD » ET  
DE L'AJUSTEMENT DES APPORTS CHEZ LES VOLAILLES A LA  
VALORISATION DES PRODUITS EN ALIMENTATION HUMAINE**

**Narcy Agnès, Elisabeth Baéza, Nys Yves**

*INRA UR83 Recherches avicoles, 37380 NOUZILLY, France*  
[agnes.narcy@inra.fr](mailto:agnes.narcy@inra.fr)

**RÉSUMÉ**

L'apport d'oligo-éléments chez les oiseaux est essentiel pour le bon fonctionnement de l'organisme. Cependant, leur apport est souvent excédentaire par rapport au besoin de l'animal et la majeure partie est excrétée pouvant constituer un risque pour l'environnement. Dès lors, les apports doivent être précisément maîtrisés ce qui implique d'avoir une bonne connaissance de leurs impacts multiples, y compris sur la qualité des produits. En effet, de par leur implication dans diverses fonctions physiologiques et leur capacité à être stockés dans les tissus, les oligo-éléments peuvent influencer les caractéristiques nutritionnelle, organoleptique et technologique de la viande et des œufs. Notons toutefois qu'en fonction des apports et du statut de l'animal, les dynamiques d'absorption, de dépôt et d'excrétion des oligo-éléments vont être modulées par un enchaînement complexe de processus homéostatiques. Des travaux ont montré qu'il était possible d'enrichir significativement la viande et les œufs en certains oligo-éléments tels que le sélénium, l'iode ou le fer. L'oxydation post-mortem des tissus peut conduire à une détérioration des qualités organoleptiques et technologiques de la viande. Certaines études rapportent un effet positif de l'apport d'oligo-éléments (essentiellement sélénium) sur la stabilité à l'oxydation et les pertes en eau associées au cours du stockage et de la transformation. Cependant, ces effets demeurent complexes et controversés. La prise en compte de critères de qualité en relation avec l'apport d'oligo-éléments lors de la formulation des aliments pourrait donc être pertinente à condition d'évaluer plus précisément leurs bénéfices et l'impact environnemental associé.

**ABSTRACT**

**Trace-elements: from “feed” to “food” – Adjustment of dietary supply in poultry and their impacts on product's quality**

The supply of trace elements in poultry feed is essential for the maintenance of body functions. However, their intakes are often in excess regarding animal requirements and most is excreted being risky for the environment. Consequently, their inputs must be precisely controlled implying a good knowledge of their multiple impacts, including those on product's quality. Indeed, through their involvement in various physiological functions and their ability to be stored in tissues, trace elements can influence the nutritional, organoleptic and technological characteristics of meat and eggs. It should be noted that depending on their inputs and on the status of the animal, dynamics of absorption, deposition and excretion of trace elements are modulated by homeostatic processes. Studies have shown that it is possible to significantly enrich meat and eggs in trace elements such as selenium, iodine or iron. The post-mortem oxidation of tissues may induce deterioration of organoleptic and technological characteristics of the meat. Some studies have reported a positive effect of trace elements (mainly selenium) on the oxidative stability and drip losses of the meat during storage and processing. However, these effects remain complex and controversial. Including quality criteria in relation to trace element's supply in the process of feed formulation may be relevant if their benefits are more clearly defined as well as their environmental impact.

## INTRODUCTION

Les oligo-éléments participent à de nombreuses fonctions physiologiques. Cependant, leur apport est souvent excédentaire par rapport au besoin de croissance de l'animal et tout excès est excrété pouvant constituer un risque pour l'environnement (phytotoxicité). Leurs apports doivent donc être précisément maîtrisés mais la mise en place de nouvelles réglementations implique d'avoir une bonne connaissance de leurs impacts, y compris sur la qualité des produits. Les critères de qualité et d'effets «santé» potentiels des produits influencent grandement les choix alimentaires des consommateurs. Or, la qualité nutritionnelle des produits et leurs caractéristiques organoleptiques et technologiques sont en partie dépendantes de l'alimentation distribuée aux animaux. C'est notamment le cas des oligo-éléments pour lesquels une supplémentation sous forme minérale ou organique est systématique, une ration de base ne permettant pas de couvrir les besoins. Au-delà des besoins préconisés pour la croissance, les apports en oligo-éléments sont reconnus pour affecter des critères de qualité de la viande, et la solidité de la coquille d'œuf. De plus, la viande et les œufs, de par leur capacité à s'enrichir en certains oligo-éléments, peuvent être utilisés comme vecteurs de supplémentation en alimentation humaine. Cependant, toute augmentation des apports en oligo-éléments favorise leur rejet dans l'environnement avec une diminution de l'efficacité de leur dépôt corporel notamment pour les éléments les plus à risque pour l'environnement (cuivre, Cu et zinc, Zn). Ce phénomène est lié, en particulier, aux processus homéostatiques destinés à maintenir l'organisme dans un état d'équilibre métabolique.

Cette revue a pour objectif de rappeler les diverses fonctions biologiques dépendantes de l'apport d'oligo-éléments chez l'oiseau et d'appréhender plus avant leurs effets sur la qualité des produits avicoles. Il s'agira ensuite d'explicitier les voies de maintien de l'homéostasie et les conséquences sur leurs dynamiques de dépôt et d'excrétion. Finalement, seront présentés les principaux effets avérés des oligo-éléments en termes d'enrichissement et de qualité organoleptique et technologique des produits.

## 1. FONCTIONS DES OLIGO-ELEMENTS DANS L'ORGANISME

Les oligo-éléments représentent une fraction mineure des éléments minéraux de l'organisme. A titre comparatif, la teneur corporelle de Zn et Cu est de l'ordre de 21 et 1,7 mg/kg pour un poulet standard, contre 12 et 5,0 g/kg pour le calcium et le phosphore, respectivement (CORPEN, 2013). Bien qu'ils soient présents en faible quantité, ils interviennent dans de

nombreuses fonctions biologiques ce qui leur confère, pour la plupart, un caractère essentiel (Suttle, 2010).

### 1.1. Fonctions métaboliques

Les oligo-éléments ne sont généralement pas présents à l'état d'ions libres dans l'organisme. Ils sont transportés ou stockés liés à des protéines et se combinent à des enzymes modulant ainsi leur conformation et leur activité. Cette liaison est généralement très spécifique d'un métal pour une enzyme donnée. L'élément se comporte ainsi comme un cofacteur indispensable à l'activité de l'enzyme, jouant un rôle catalytique, structural ou régulateur. Un grand nombre de métallo-enzymes a été identifié dont plus de 300 pour le seul atome de Zn (O'Dell, 1992). A ce titre, il intervient dans de nombreux métabolismes biologiques (lipides, glucides, protéines, ADN...). Ces métallo-enzymes appartiennent aux différentes classes des oxydoréductases, transférases, hydrolases, lyases, isomérases et ligases. Dans le sang, la majorité de Zn est sous forme d'anhydrase carbonique qui joue un rôle clé dans le transport du dioxyde de carbone des tissus aux poumons pour assurer son élimination. Un apport inadéquat de Zn peut endommager les fonctions cellulaires en influençant la synthèse de l'ADN et de l'ARN de même que l'expression des gènes (altération ADN ou structure de la chromatine). Le zinc agit également comme cofacteur des phosphatases alcalines et des collagénases et joue à ce titre un rôle essentiel dans la croissance osseuse.

Le cuivre est quant à lui un constituant de la cytochrome c oxydase, enzyme terminale de la chaîne respiratoire, de la lysyl oxydase, indispensable à la structuration de l'élastine et du collagène, et de la dopamine- $\beta$ -monooxygénase, nécessaire à la production de catécholamines (Jondreville et al., 2002 ; Suttle, 2010).

Certains oligo-éléments participent directement à la structure moléculaire d'hormones leur conférant leur conformation optimale. L'iode fait par exemple partie intégrante des hormones thyroïdiennes (T3 et T4) par liaisons covalentes. Le zinc stabilise quant à lui la structure tertiaire d'hormones peptidiques (insuline, thymuline). Il serait également indispensable à la structuration opérationnelle de protéines appelées «protéines à doigt de Zn» impliquées dans la régulation de l'expression des gènes. On retrouve parmi elles des récepteurs hormonaux (stéroïdes ou acide rétinoïque) et de nombreux facteurs de croissance ou de transcription.

### 1.2. Fonctions de défense

La production excessive de radicaux libres de l'oxygène (ex : anion superoxyde) au travers de l'activité métabolique de l'organisme (ex : chaîne respiratoire mitochondriale, auto-oxydation ou oxydation par le cytochrome P450) génère un stress

oxydant. Ces espèces radicalaires sont hautement instables et réactives peuvent endommager irréversiblement l'ADN, les protéines (inactivation d'enzymes) ou les lipides (membrane cellulaire). Les métaux de transition peuvent être des catalyseurs puissants des oxydations biologiques. Aussi, les protéines de liaisons de ces éléments (transferrine, lactoferrine, métallothionéines, céruloplasmine, ferritine, albumine) constituent une première ligne de défense contre le stress oxydant. Dans le plasma, la majorité du Cu est lié à la céruloplasmine. Cette dernière catalyse l'oxydation du fer ferreux en fer ferrique pour faciliter son intégration dans la transferrine, sa principale protéine de transport dans l'organisme, et dans la ferritine, protéine de réserve (Mertz, 1987).

De plus, pour maintenir leur intégrité, les cellules sont pourvues d'un système de défense enzymatique anti-radicalaire (Surai, 2016) comprenant les superoxydes dismutases à Cu et Zn (Cu, Zn-SOD, cytosolique), ou à manganèse (Mn-SOD, mitochondriale), et les glutathions peroxydases sélénio-dépendantes (Se-GSH-Px). Toutes ces enzymes utilisant comme cofacteurs des oligo-éléments sont présentes en quantité variable dans de nombreux tissus. Dans le muscle, l'activité de la Mn-SOD et de la Se-GSH-Px est inférieure à celle des autres tissus (Tableau 1). L'activité de la Cu,Zn-SOD est, en revanche, plus importante au niveau musculaire.

**Tableau 1.** Activités enzymatiques anti-oxydantes (oligo-éléments dépendantes) de différents tissus chez le jeune poussin

Tissu	Mn-SOD, U/mg protéine	Cu,Zn-SOD, U/mg protéine	Se-GSH-Px, U/mg protéine
Foie	3,81 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	177 <sup>a</sup>
Rein	2,98 <sup>b</sup>	3,15 <sup>b</sup>	160 <sup>a</sup>
Coeur	5,79 <sup>c</sup>	2,73 <sup>b</sup>	99,0 <sup>b</sup>
Poumon	0,09 <sup>d</sup>	5,79 <sup>c</sup>	99,8 <sup>b</sup>
Muscle	1,06 <sup>d</sup>	6,07 <sup>c</sup>	45,8 <sup>c</sup>
MV	0,12 <sup>e</sup>	6,97 <sup>c</sup>	103 <sup>b</sup>

MV : membrane vitelline

Surai, 2016

Une baisse de l'activité de la Mn-SOD est observée au niveau cardiaque suite à une déficience en Mn chez le poulet en croissance (Li et al., 2004 ; Luo et al., 1991 ; 1992). De plus, une supplémentation en Mn augmente l'expression des ARNm et de l'activité de la Mn-SOD dans le filet, la cuisse et le cœur (Li et al., 2011 ; Lu et al., 2007). Les excès de Mn peuvent toutefois s'avérer toxiques avec une baisse de l'activité des SOD au niveau sanguin et dans les organes de l'immunité (Liu et al., 2013). Chez des poulets supplémentés en Cu, l'activité de la Cu, Zn-SOD est augmentée dans le foie, les érythrocytes, le rein et le cœur de même que celle de la Mn-SOD dans le cœur (Aydemir et al., 2000 ; Ozturk-Urek et al., 2001). Une supplémentation en sélénium (Se) stimule

l'activité des SOD, GSH-Px et catalase dans divers tissus tels que le sérum, le thymus, le foie et le muscle (Jing et al., 2015 ; Xu et al., 2014 ; Zhang et al., 2012). Un excès peut toutefois inverser cette tendance.

Le zinc et le Cu joueraient également un rôle dans le maintien des fonctions immunitaires (Park et al., 2004b ; Percival, 1998). Une supplémentation en Zn sous forme organique chez le poulet a amélioré la réponse cellulaire et humorale à une vaccination (Richards et al., 2010).

## 2. DYNAMIQUES DES FLUX ET MAINTIEN DE L'HOMÉOSTASIE

Il existe une fenêtre d'apport en oligo-éléments dans laquelle l'organisme est capable de maintenir un état d'équilibre ou de stabilité. Le contrôle des cinétiques d'absorption, de distribution, de stockage et d'excrétion de ces éléments permet d'aboutir à un environnement interne stable et optimal quant à leurs fonctions métaboliques. L'organisme s'adapte donc, dans une certaine mesure, à des situations de manque ou à l'inverse de surcharge. La capacité des organismes à maintenir l'homéostasie dépend fortement de l'espèce considérée. A cet égard, le poulet et la caille semblent peu efficaces par rapport au rat, à la souris ou aux ruminants. L'homéostasie est maintenue au travers de systèmes de contrôle dynamiques impliquant des mécanismes de rétroaction négative.

Les oligo-éléments peuvent être répartis en deux groupes en fonction de leur voie prioritaire d'excrétion endogène. Pour les éléments cationiques (Cu, Fe, Mn et Zn), l'homéostasie est dépendante de l'absorption et de l'excrétion fécale endogène contrôlée par l'intestin, le foie et le pancréas, alors que pour les éléments anioniques (Se, I) l'excrétion rénale est la voie majoritaire (Buckley, 2000). Les réponses à des changements d'apport alimentaire varient notamment avec le niveau d'apport, la plupart des éléments ayant des sites spécifiques de stockage.

Le tractus gastro-intestinal est le site majeur de régulation de l'homéostasie de Zn. Les mécanismes impliquent l'ajustement conjoint de l'absorption et de l'excrétion endogène au niveau fécal (King et al., 2000). En cas d'augmentation des apports alimentaires de Zn, l'excrétion endogène par le tractus gastro-intestinal est la principale voie de maintien de l'homéostasie et vient compléter la baisse initiale d'absorption. L'élimination urinaire de Zn demeure quant à elle une voie mineure. Dans l'iléon, l'absorption de Zn est médiée par un processus non-saturable de diffusion (Yu et al., 2008). Dans le duodénum et le jéjunum, l'absorption de Zn est dépendante d'un processus saturable médié par différents transporteurs régulés par l'apport alimentaire. Parmi ces derniers, ZnT5 et ZnT1



seraient impliqués de même que des métallothionéines (MT). Une supplémentation en Zn a pour effet d'augmenter l'expression des ARNm des MT dans les trois segments digestifs suggérant une augmentation de la capacité de séquestration du Zn dans les entérocytes. Par le biais des phénomènes de desquamation, la quantité de Zn entrant dans la muqueuse est supérieure à celle transportée dans le plasma. Une baisse de l'expression des ARNm de ZnT5 a également été observée dans l'iléon en présence d'un excès de Zn (Yu et al., 2008). Les sources de Zn endogène dans le tractus gastro-intestinal incluent la salive et les sécrétions gastriques, pancréatiques, biliaires et intestinales. Parmi elles, les sécrétions pancréatiques semblent quantitativement prédominantes.

Des apports élevés de Zn se traduisent par une accumulation de l'élément dans le tibia, le foie, l'intestin grêle, la peau et les plumes sans que la teneur dans les muscles ne soit modifiée. Le tibia et l'intestin grêle sont les sites de stockage quantitativement les plus importants (Emmert et Baker, 1995). En situation de déficience, le Zn accumulé dans l'os, le foie et l'intestin peut être mobilisé. La mobilisation osseuse semble toutefois plus lente que pour les deux autres tissus.

De la même façon que pour le Zn, le Cu absorbé par voie active et saturable peut se lier à des métalloprotéines (MT) dans le cytosol des entérocytes. En cas de surcharge alimentaire, les MT pourraient ainsi jouer un rôle dans la séquestration du Cu. De plus, l'excrétion endogène et l'accumulation hépatique sont les deux voies majoritaires de maintien de l'homéostasie en cas d'augmentation des apports de Cu (Aoyagi et Baker, 1993 ; Funk et Baker, 1991). Cet équilibre est maintenu principalement par une augmentation des pertes endogènes de Cu via la bile, sous forme de protéines, sels biliaires, peptides ou acides aminés (Rosenblum et Leach, 1985). Il s'agit d'un système particulièrement efficace puisque le Cu d'origine biliaire est très peu réabsorbé (Aoyagi et Baker, 1993).

En cas d'apports très élevés, le manganèse pourrait s'accumuler de façon linéaire dans l'os, le foie, le rein, le pancréas et le muscle, de même que dans les plumes et la peau. Dans ces conditions, l'excrétion endogène de Mn augmente avec l'apport alimentaire indiquant qu'il existerait une régulation (Buckley, 2000). Dans le cas du fer (Fe), le maintien de l'homéostasie passe majoritairement par un ajustement du taux d'absorption. L'organisme a une capacité limitée à excréter le fer si bien que l'excrétion endogène via les fèces ou l'urine joue un rôle négligeable. A l'inverse, pour le Se, qu'il soit sous forme minérale ou organique, l'élimination urinaire est la voie prépondérante.

### 3. IMPACT SUR LA QUALITE DES PRODUITS

#### 3.1. Qualité de l'œuf

##### 3.1.2. Enrichissement

La composition de l'œuf en éléments majeurs est relativement stable contrairement aux éléments mineurs tels que les oligo-éléments ou les vitamines. La plupart des oligo-éléments sont déposés dans le jaune, tandis que leur accumulation dans le blanc reste limitée. La teneur en oligo-éléments des œufs est directement liée à l'ingéré avec des enrichissements possibles en Se et iode (I), et dans une moindre mesure en Fe, Zn, fluor et manganèse (Bouvarrel et al., 2011 ; Klasing, 2000 ; Schiavone et Barroeta, 2011).

Parmi l'ensemble des oligo-éléments, le sélénium est le plus étudié. La charge maximale en Se réglementaire pour un aliment poule ne peut excéder 0,5 ppm (réglementation UE ; Tableau 2) bien qu'aucun effet nocif n'a été observé jusqu'à 5 ppm. Le seuil de toxicité est estimé à 10 ppm. Le sélénium est généralement apporté sous forme de sélénite ou sélénate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ) préférentiellement déposé dans le jaune ou sous forme de sélénométhionine ou levures enrichies en Se transféré dans l'albumen. Une supplémentation en Se de 0,3 ppm sous forme de levures enrichies (Se régime basal: 0,4 ppm) a permis de multiplier par 2 la teneur en Se du jaune et par 4 celle de l'albumen (Chinrasri et al., 2009). La charge en Se pour un œuf est ainsi passée de 18 à 43 µg. La supplémentation d'un régime de poules pondeuses (Se régime de base = 0,3 ppm) à hauteur de 1, 2 ou 5 ppm de Se pendant 4 semaines sous forme de levures enrichies, augmente linéairement la teneur de l'œuf sans effet négatif sur les performances de production et le bien-être (Bennett et Cheng, 2010). Le contenu en Se de l'œuf évolue de 17 à 52, 98 et 190 µg. Une supplémentation en Se (0,2 ppm) sous forme d'acide 2-hydroxy-4-méthylsélénobutanoïque est plus efficace que des levures sélénées pour augmenter le contenu en Se de l'œuf (Jlali et al., 2013). La consommation d'un œuf de poule nourrie avec un régime supplémenté en Se organique au niveau réglementaire permet de couvrir environ 40% des ANC en Se de l'adulte (55 µg/jour en moyenne). Les œufs enrichis en Se représentent un vecteur efficace pour améliorer le statut en Se des populations (Surai et al., 2007). Il est, en effet, un aliment traditionnel et abordable dans la plupart des pays. Il représente un système sécurisé pour l'alimentation humaine puisque pour atteindre le seuil de toxicité du Se, il faudrait consommer 30 œufs par jour et ce, de façon prolongée.

Le contenu en I d'un œuf est de l'ordre de 4-10 µg majoritairement présent dans le jaune. Le jaune est 8 fois plus concentré en I que le blanc. L'iode est apporté dans l'alimentation principalement sous forme inorganique (iodate de calcium ou iodate de potassium). Le besoin en I pour les volailles est

estimé à 0,3-0,4 ppm et le seuil de toxicité à 300-400 ppm (Suttle, 2010). Un maximum de 5 ppm d'I est autorisé dans le régime des poules pondeuses. L'EFSA recommande, néanmoins, une baisse à 3 ppm. La teneur en I de l'œuf augmente de façon linéaire avec l'apport alimentaire et peut être multiplié par 5 et par 7 dans le jaune et l'albumen, respectivement, après une supplémentation en iodate de Ca de 20 ppm (Saki et al., 2012). Une supplémentation en I de 1 à 2 ppm sous forme de levures enrichies a permis d'augmenter de près de 2 fois le contenu en I du jaune (17 µg). En supplémentant le régime des poules à raison de 0, 3 et 6 ppm d'I (iodate de calcium), le contenu de l'œuf a été augmenté de 10 à 16 et 26 µg sans affecter les performances de production (Yalcin et al., 2004). Le contenu en I d'un œuf correspond à environ 15% du besoin chez l'homme, estimé en moyenne à 150 µg par jour.

Une augmentation de la teneur alimentaire de Zn (de 30 à 250 ppm) se traduit par un dépôt supplémentaire de Zn dans l'œuf de 25% et atteint plus de 50% dans le cas d'excès (>1500 ppm) (Stahl et al., 1988).

Classiquement, un œuf contient 1-2 mg de Fe. Le besoin en Fe des volailles est estimé à 50-120 ppm avec un seuil de toxicité de 2000 ppm. L'enrichissement des œufs en Fe est limité à 10-20% lorsque les poules reçoivent un régime contenant 100, 200 et 300 ppm de Fe sous forme de sulfate ou de chélates avec la méthionine (Park et al., 2004a).

### 3.2.1. Solidité de la coquille

Le manganèse et le Cu sont reconnus comme essentiels pour la formation de la coquille. Une déficience en ces éléments peut en effet entraîner une altération des propriétés biochimiques et mécaniques de la coquille (Chowdhury, 1990 ; Leach et Gross, 1983). Une déficience en Cu chez la poule pondeuse a pour effet de perturber le système de synthèse protéique affectant la taille et la forme des œufs ainsi que la texture de la coquille (Chowdhury, 1990). Le manganèse est un composé de la Galβ1, 3-glucuronosyltransférase (GlcAT-I) impliquée dans la synthèse des protéoglycanes. Une supplémentation en Mn améliore la synthèse des glycosaminoglycanes dans la coquille et pourrait influencer par ce biais sa microarchitecture et sa force à la rupture (Xiao et al., 2014). Le Mn pourrait également influencer l'élongation des cristaux de calcite (Mann et al., 1993).

Le Zn est un composant de l'anhydrase carbonique reconnue pour son rôle clé au niveau de l'utérus dans la fourniture des carbonates de la coquille. L'inhibition de cette enzyme détériore la sécrétion d'ions bicarbonate et conduit, par conséquent, à une réduction importante du poids de coquille (Nys et al., 1999). Cependant, l'effet positif d'apports élevés de Zn (au-delà du besoin) demeure, quant à lui, peu évident.

## 3.2. Qualité des viandes

### 3.2.1. Enrichissement

Il est possible d'enrichir la viande de volaille en certains oligo-éléments comme le Se ou le Fe. Chez des canards nourris avec des régimes supplémentés en Se (0, 0,2 et 0,6 ppm) pendant 49 jours, la teneur en Se du filet, de la cuisse et du foie augmentent de 0,05 à 0,87, de 0,04 à 0,64 et de 0,15 à 0,93 mg/kg respectivement (Baltic et al., 2015). Les sources organiques sont plus efficacement transférées que les sources inorganiques (Briens et al., 2013). Une augmentation de la teneur en Se a également été observée dans la viande de dinde et de poulet (filet) nourris avec un régime supplémenté en sélénométhionine en remplacement du sélénate de sodium (Downs et al., 2000 ; Osman et Latshaw, 1976).

Il est également possible d'enrichir la viande de volaille en Fe. Selon l'OMS, la carence en Fe est le trouble nutritionnel le plus commun et le plus répandu dans le monde. Elle touche un grand nombre d'enfants et de femmes dans les pays en développement et sa prévalence est élevée dans les pays industrialisés. Assurer des apports en Fe suffisants aux populations représente donc un véritable enjeu. Les produits carnés constituent la principale source alimentaire de Fe qui est 2,5 fois plus assimilable que celui issu des produits végétaux et des produits laitiers (Hunt, 2003). La viande de volailles est intrinsèquement moins concentrée en Fe que la viande bovine. Cependant, en modulant les apports, il apparaît possible d'enrichir la teneur en Fe de la viande de poulet qui est variable en fonction du compartiment considéré. En effet, d'après les travaux de Seo et al. (2008), le teneur en Fe de la cuisse est trois fois plus élevée que celle du filet et de l'aile (14-15 vs 46 mg/kg). En moyenne, le foie est 17 fois plus concentré que les tissus musculaires (430 mg/kg). Une supplémentation en Fe lié à la méthionine (100 et 200 ppm) augmente le contenu en Fe du filet (+39%), de la cuisse (+25%) et du foie (+32%) par rapport au témoin non-supplémenté. La même supplémentation sous forme minérale (FeSO<sub>4</sub>) est moins efficace : seule la supplémentation à hauteur de 200 ppm a un effet positif sur la teneur en Fe de la cuisse (+13%) et du foie (+17%). Les apports nutritionnels conseillés ont été estimés à 9 mg/j pour l'homme et à 16 mg/j pour la femme non ménopausée. Ils varient de 7 à 14 mg/jour chez les enfants de 3 à 17 ans. On peut donc estimer qu'une portion de 100 g de viande de poulet permet de couvrir environ 25% du besoin pour un adulte.

Il faut, toutefois, rappeler que le rôle du Fe est versatile. A l'état libre, il est susceptible de catalyser l'oxydation de biomolécules (ADN, protéines, lipides) pouvant impacter les qualités organoleptiques et technologiques des produits. Dans ce cadre, les protéines de liaison du Fe vont jouer un rôle régulateur clé (Min et Ahn, 2005). Aussi, l'enrichissement de la viande en Fe doit également

être réfléchi au regard des effets potentiels sur les phénomènes d'oxydation.

### 3.2.2. Qualité organoleptique

L'apport d'oligo-éléments pourrait influencer la teneur et la composition en acides gras et cholestérol de la viande de même que sa capacité anti-oxydante. Par ce biais, ils pourraient jouer sur les qualités organoleptiques des produits telles que la saveur ou le goût. Notons également que les stratégies de modulation de la composition en acides gras (et du ratio n-6 : n-3) de la viande de poulet suscitent un intérêt croissant. L'apport en acides gras saturés est en effet considéré comme un facteur de risque majeur dans l'étiologie des maladies cardio-vasculaires chez l'homme.

L'apport de Cu, au-delà des besoins nutritionnels, semble moduler la composition lipidique de la viande. Une supplémentation en Cu (Cu-glycine) à raison de 175 ppm réduit la teneur en cholestérol et acides gras polyinsaturés (AGPI) du muscle pectoral et augmente celle des acides gras mono-insaturés (Sevcikova et al., 2003). Une baisse similaire de la teneur en lipides et cholestérol du muscle pectoral est observée après une supplémentation en sulfate de Cu de 126 puis 35 ppm (Skrivan et al., 2002). Une supplémentation de 200 ppm en sulfate de Cu concomitante à un apport d'huile de colza (5%) entraîne une baisse de la teneur en acides gras saturés (AGS) et une augmentation du rapport AGPI : AGS au niveau du gras abdominal (Skrivan, et al., 2000). Une baisse de cholestérol était, par ailleurs, observée dans le muscle pectoral. Cet effet serait lié à une baisse de l'activité de la 7 alpha-hydroxylase (Konjufca et al., 1997).

La stabilité à l'oxydation de la viande est dépendante de l'équilibre entre composés anti- et pro-oxydants mais aussi de la composition en substrats oxydants incluant notamment les AGPI et le cholestérol. Cette complexité explique sans doute les résultats controversés des études relatives à l'effet des oligo-éléments sur la stabilité à l'oxydation. Notons que l'oxydation des lipides est très rapide dans la viande de dinde comparée à la viande de poulet, et intermédiaire pour le canard. La faible susceptibilité à l'oxydation de la viande de poulet pourrait s'expliquer en partie par sa plus forte teneur en  $\alpha$ -tocophérol (Gong et al., 2010). La conservation de la viande de poulet en milieu réfrigéré entraîne un phénomène d'oxydation lipidique qui s'aggrave avec le temps de stockage (Igbasan et al., 2011). Ce phénomène semble plus marqué dans la cuisse par rapport au pilon. Une observation similaire a été faite pour la viande de dinde congelée (Bartov et Kanner, 1996). Dans ces conditions, un apport de Cu sous forme de sulfate, acétate ou oxyde (150 à 250 ppm) améliore la stabilité à l'oxydation de la viande avec une baisse de la teneur en MDA. Le sulfate de Cu serait le plus efficace pour

améliorer la stabilité à l'oxydation de la viande par rapport à l'acétate ou à l'oxyde de Cu.

Cet effet positif n'a cependant pas été confirmé par Ajuwon et al. (2011) qui montrent une stimulation de la peroxydation lipidique au niveau hépatique et sanguin chez des poulets recevant une supplémentation en sulfate de Cu pendant 6 semaines (250 ppm). Cette observation s'accompagne d'une baisse de l'activité de la SOD et de la catalase, et de la concentration en GSH dans ces compartiments (Ajuwon et al., 2011). De la même façon, une meilleure stabilité à l'oxydation de la cuisse de poulet après cuisson est observée lorsque le Fe ou le Zn est retiré du complément minéral (Ruiz et al., 2000).

D'une façon générale, l'alimentation a peu d'effet sur la tendreté de la viande. Ce paramètre est surtout impacté par l'âge, le sexe, le génotype et les techniques d'abattage et de traitement post-mortem des carcasses. Une étude rapporte, cependant, un effet positif d'une supplémentation en Zn minéral ou organique chez le poulet (60 à 180 ppm) sur la tendreté de la cuisse (Liu et al., 2011). Cet effet serait lié à la modulation du pH ultime qui est plus alcalin chez les animaux ayant reçu la supplémentation en Zn.

### 3.2.3. Qualité technologique

En conditions post-mortem, le métabolisme des tissus se détériore rapidement. Les dommages cellulaires occasionnés par l'oxydation accentuent les pertes en eau au cours de la conservation et de la transformation. Par leurs effets antioxydants, les oligo-éléments pourraient ainsi influencer les caractéristiques technologiques de la viande telles que sa capacité de rétention d'eau.

Le sélénium modifie la physiologie du muscle. En tant que cofacteur de la GSH-Px, le Se agit conjointement avec la vitamine E pour combattre les dommages causés par la peroxydation lipidique au niveau cellulaire. Une supplémentation en Se (0,3 ppm) et vitamine E (100 IU) chez le poulet améliore la stabilité à l'oxydation des lipides dans les muscles rouges (Kim et al., 2010). Elle s'avère moins efficace dans la viande blanche probablement en raison de la moindre teneur en acides gras. Par ailleurs, une déficience en Se ou vitamine E augmente l'incidence des viandes PSE (pâle, molle et exsudative ; Wang et al., 2009). Une supplémentation en vitamine E combinée à un apport de Se réduit l'impact négatif de la déficience en Se chez le dindonneau. L'inclusion de sources organiques de Se chez le poulet (levures sélénées, 0,05 à 0,3 ppm) a pour effet de réduire les pertes en eau des filets (Downs et al., 2000). Les pertes en jus après cuisson des filets sont réduites de 21 à 16% chez des poulets recevant un régime enrichi en levures sélénées (0,15 à 0,60 ppm; (Oliveira et al., 2014). L'apport de Se sous forme organique est plus efficace que l'apport sous forme minérale. Cet effet

positif sur les pertes en jus des filets n'est cependant pas confirmé pour une viande de dinde stockée à 4°C pendant 48 h après une supplémentation de 0,3 à 0,5 ppm de Se (Juniper et al., 2011).

Chez le poulet, une supplémentation en Zn de 40 à 80 ppm améliore la capacité de rétention en eau du filet de près de 10 points par rapport au témoin (Salim et al., 2011). Liu et al. (2011) rapportent également une réduction des pertes en eau du filet et de la cuisse au cours de la conservation après une supplémentation en Zn de 60 à 180 ppm et ce, quelle que soit la forme d'apport, minérale ( $\text{ZnSO}_4$ ) ou organique (Zn-AA et Zn-protéinate).

## CONCLUSION

La qualité des produits est en partie dépendante de l'apport d'oligo-éléments. L'enrichissement des œufs et de la viande en Se, I et Fe est techniquement possible mais limitée principalement du fait de la réglementation et dans une moindre mesure des seuils de toxicité, ou des effets sur les performances de

croissance. Néanmoins, ces produits peuvent participer de façon significative à la couverture des besoins en oligo-éléments chez l'homme en contribuant à réduire les risques de carence ou pour lutter contre le stress oxydant à l'origine de nombreuses maladies chroniques. Les qualités organoleptiques et technologiques des viandes sont également susceptibles d'être modulées par l'apport d'oligo-éléments avec des effets relativement controversés sur la stabilité à l'oxydation et les pertes en eau associées. La multitude de facteurs (technique d'abattage, génotype, âge, traitement post-mortem des carcasses) susceptibles d'intervenir explique probablement ces effets contradictoires d'une étude à l'autre. De plus, le rôle ambivalent des oligo-éléments, facteur pro- ou antioxydant selon les conditions, complique la maîtrise de leurs effets. Il convient donc aujourd'hui de préciser les effets des oligo-éléments sur la qualité des produits en conjonction avec les autres facteurs de façon à prendre en compte les interactions potentielles. Cette démarche d'évaluation devra également intégrer les retombées en matière d'environnement.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ajuwon O. R., Idowu O. M. O., Afolabi S. A., Kehinde B. O., Oguntola O. O. and Olatunbosun K. O. 2011. Arch. Zootec. 60:275-282.
- Aoyagi S. and Baker D. H. 1993. J. Nutr. 123:870-875.
- Aydemir T., Ozturk R., Bozkaya L. A. and Tarhan L. 2000. Cell Biochem. Funct. 18:109-115.
- Baltic M. Z., Starcevic M. D., Basic M., Zenunovic A., Ivanovic J., Markovic R., Janjic J. and Mahmutovic H. 2015. Anim. Feed Sci. Technol. 210:225-233.
- Bartov I. and Kanner J. 1996. Poult. Sci. 75:1039-1046.
- Bennett D. C. and Cheng K. M. 2010. Poult. Sci. 89:2166-2172.
- Bouvarel I., Nys Y. and Lescoat P. 2011. Hen nutrition for sustained egg quality. Pages 261-299 in Improving the safety and quality of eggs and egg products Woodhead.
- Briens M., Mercier Y., Rouffineau F., Vacchina V. and Geraert P. A. 2013. Br. J. Nutr. 110:617-624.
- Buckley W. T. 2000. Trace elements dynamics in Farm animal metabolism and nutrition CABI.
- Chinrasri O., Chantiratikul P., Thosaikham W., Atiwetin P., Chumpawadee S., Saenthaweesuk S. and Chantiratikul A. 2009. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 22:1661-1666.
- Chowdhury S. D. 1990. World Poult. Sci. J. 46:153-169.
- Downs K. M., Hess J. B. and Bilgili S. F. 2000. J. Appl. Anim. Res. 18:61-71.
- Emmert J. L. and Baker D. H. 1995. Poult. Sci. 74:1011-1021.
- Funk M. A. and Baker D. H. 1991. J. Anim. Sci. 69:4505-4511.
- Gong Y., Parker R.S. and Richards M.P. 2010. J. Food Chem. 34:869-885.
- Hunt J.R. 2003. Am. J. Clin. Nutr. 78(suppl):633S-9S.
- Igbasan F. A., Akinsanmi S. K., Onibi G. E. and Adu O. A. 2011. Int. J. Agric. Res. Rev. 1:53-58.
- Jing C. L., Dong X. F., Wang Z. M., Liu S. and Tong J. M. 2015. Poult. Sci. 94:965-975.
- Jlali M., Briens M., Rouffineau F., Mercierand F., Geraert P. A. and Mercier Y. 2013. J. Anim. Sci. 91:1745-1752.
- Jondreville C., Revy P. S., Jaffrezic A. and Dourmad J. Y. 2002. INRA Prod. Anim. 15:247-265.
- Juniper D. T., Phipps R. H. and Bertin G. 2011. Animal 5:1751-1760.
- Kim Y. J., Park W. Y. and Choi I. H. 2010. Poult. Sci. 89:603-608.
- King J. C., Shames D. M. and Woodhouse L. R. 2000. J. Nutr. 130:1360s-1366s.
- Klasing K. C. 2000. In. CABI, New-York, USA.
- Konjufca V. H., Pesti G. M. and Bakalli R. I. 1997. Poult. Sci. 76:1264-1271.
- Leach J. R. M. and Gross J. 1983. Poult. Sci. 32:499-504.
- Li S., Luo X., Liu B., Crenshaw T. D. and Kuang X. 2004. J. Anim. Sci. 82:2352-2363.

- Li S. F., Lu L., Hao S. F., Wang Y. P., Zhang L. Y., Liu S. B., Liu B., Li K. and Luo X. G. 2011. *J. Nutr.* 141:189-194.
- Liu X. F., Li Z. P., Tie F., Liu N., Zhang Z. W. and Xu S. W. 2013. *Chemosphere* 90:2085-2100.
- Liu Z. H., Lu L., Li S. F., Zhang L. Y., Xi L., Zhang K. Y. and Luo X. G. 2011. *Poult. Sci.* 90:1782-1790.
- Lu L., Luo X. G., Ji C., Liu B. and Yu S. X. 2007. *J. Anim. Sci.* 85:812-822.
- Luo X. G., Su Q., Huang J. C. and Liu J. X. 1991. *Cin. J. Anim. Vet. Sci.* 22:313-317.
- Luo X. G., Su Q., Huang J. C. and Liu J. X. 1992. *Chin. J. Anim. Vet. Sci.* 23:97-101.
- Mann S., Archibald D. D., Didymus J. M., Douglas T., Heywood B. R., Meldrum F. C. and Reeves N. J. 1993. *Science* 261:1286-92.
- Mertz W. 1987. Trace elements in human and animal nutrition. W. Mertz ed. Academic Press, Inc., London.
- Min B. and Ahn D. U. 2005. *Food Sci. Biotechnol.* 14:152-163.
- Nys Y. 2001. *Prod. Anim.* 14:171-180.
- Nys Y., Hincke M. T., Arias J. L., Garcia-Ruiz J. M. and Solomon S. E. 1999. *Avian Poult. Biol. Rev.* 10:143-166.
- O'dell B. L. 1992. *Nutr. Rev.* 50:48-50.
- Oliveira T. F. B., Rivera D. F. R., Mesquita F. R., Braga H., Ramos E. M. and Bertechini A. G. 2014. *J. Appl. Poult. Res.* 23:15-22.
- Osman M. and Latshaw J. D. 1976. *Poult. Sci.* 55:987-994.
- Ozturk-Urek R., Bozkaya L. A. and Tarhan L. 2001. *Cell Biochem. Funct.* 19:125-132.
- Park S. W., Namkung H., Ahn H. J. and Paik I. K. 2004a. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17:1725-1728.
- Park S. Y., Birkhold S. G., Kubena L. F., Nisbet D. J. and Ricke S. C. 2004b. *Biol Trace Elem Res* 101:147-63.
- Percival S. S. 1998. *Am. J. Clin. Nutr.* 67:1064s-1068s.
- Richards J. D., Zhao J. M., Harrell R. J., Atwell C. A. and Dibner J. J. 2010. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23:1527-1534.
- Rosenblum C. I. and Leach R. M. 1985. *Biol Trace Elem Res* 8:47-63.
- Ruiz J. A., Perez-Vendrell A. M. and Esteve-Garcia E. 2000. *Br. J. Nutr.* 41:163-167.
- Saki A. A., Farisar M. A., Aliarabi H., Zamani P. and Abbasinezhad M. 2012. *J. Agric. Technol.* 8:1255-1267.
- Salim H. M., Lee H. R., Jo C., Lee S. K. and Lee B. D. 2011. *Korean J. Food Sci. Anim. Resources* 31:207-214.
- Schiavone A. and Barroeta A. C. 2011. Egg enrichment with vitamins and trace minerals. Pages 289-320 in *Improving the safety and quality of eggs and egg products* Woodhead, Cambridge.
- Sevcikova S., Skrivan M., Skrivanova V., Tumova E. and Koucky M. 2003. *Czech J. Anim. Sci.* 48:432-440.
- Skrivan M., Sevcikova S., Tumova E., Skrivanova V. and Marounek M. 2002. *Czech J. Anim. Sci.* 47:275-280.
- Skrivan M., Skrivanova V., Marounek M., Tumova E. and Wolf J. 2000. *Br. J. Nutr.* 41:608-614.
- Stahl J. L., Cook M. E. and Greger J. L. 1988. *J. Food Comps. Anal.* 1:309-315.
- Sullivan J. F., Williams R. V., Wisecarver J., Etzel K., Jetton M. M. and Magee D. F. 1981. *Proc. SOc. Exp. Biol. and Med.* 166:39-43.
- Surai P. F. 2016. *Anim. nutr.* 1:1-17.
- Surai P. F., Papazynan T. T., Speake B. K. and Sparks N. H. C. 2007. *Enrichment in selenium and other trace elements in Bioactive egg compounds* Springer, Berlin, Germany.
- Suttle N. 2010. In. 4th ed. CABI.
- Wang Z. G., Pan X. J., Peng Z. Q., Zhao R. Q. and Zhou G. H. 2009. *Poult. Sci.* 88:1096-1101.
- Xiao J. F., Zhang Y. N., Wu S. G., Zhang H. J., Yue H. Y. and Qi G. H. 2014. *Poult. Sci.* 93:380-388.
- Xu J. X., Cao C. Y., Sun Y. C., Wang L. L., Li N., Xu S. W. and Li J. L. 2014. *Biol Trace Elem Res* 159:174-182.
- Yalcin S., Kahraman Z., Yalcin S., Yalcin S. S. and Dedeoglu H. E. 2004. *Br. J. Nutr.* 45:499-503.
- Yu Y., Lu L., Luo X. G. and Liu B. 2008. *Poult. Sci.* 87:1146-1155.
- Zhang Z. W., Wang Q. H., Zhang J. L., Li S., Wang X. L. and Xu S. W. 2012. *Biological Trace Element Research* 149:352-361.



**Tableau 2.** Besoins et normes réglementaires pour les principaux oligo-éléments (mg/kg d'aliment)

	Besoin NRC <sup>1</sup>		Besoin INRA <sup>2</sup>		Règlementation <sup>3</sup>
	Croissance	Ponte	Croissance	Ponte	UE
Zinc, Zn	40	44	60	50	120
Cuivre, Cu	8	-	50	10	25
Fer, Fe	80	56	10	60	750
Manganèse, Mn	60	25	-	40	150
Sélénium, Se	0,15	0,08	-	0,1	0,5
Iode, I	0,35	0,044	0,10	0,3	5

<sup>1</sup>Nutrient Requirements of Poultry, 9ème édition, 1994.

<sup>2</sup>Nutrition et alimentation des volailles, 1992.

<sup>3</sup>Teneur maximale autorisée, European Food Safety Authority.

# SESSION NUTRITION

Communications orales

## COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE DES MATIERES PREMIERES BIOLOGIQUES : DE LEUR CARACTERISATION A L'ELABORATION DE TABLES

Roinsard Antoine<sup>1</sup>, Gain Cyrielle<sup>1</sup>, Juin Hervé<sup>2</sup>, Heuzé Valérie<sup>3</sup>, Tran Gilles<sup>3</sup>,  
Lubac Stanislas<sup>4</sup>, Dusart Léonie<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ITAB - 9, rue André Brouard – 49100 ANGERS,

<sup>2</sup>INRA - Domaine du Magneraud – 17 700 SURGERES

<sup>3</sup>AFZ – 16 rue Claude Bernard – 75 005 PARIS

<sup>4</sup>IBB – 2, square René Cassin – 35 700 RENNES

<sup>5</sup>ITAVI – Centre INRA Val de Loire – 37 380 NOUZILLY

[antoine.roinsard@itab.asso.fr](mailto:antoine.roinsard@itab.asso.fr)

### RÉSUMÉ

Pour réussir le passage à une alimentation contenant 100 % de matières premières biologiques (MPs AB) en aviculture, il est indispensable de mieux connaître leur valeur nutritionnelle. Pour améliorer la caractérisation des MPs AB, une étude a été réalisée dans le cadre du CASDAR SECALIBIO afin de les comparer aux MPs conventionnelles, d'en évaluer la variabilité et de proposer un cadre pour l'élaboration de tables de référence pour la composition et la valeur nutritive des MPs AB. Une base de données a été créée réunissant 2326 échantillons de matières premières biologiques. Elles proviennent des données collectées par l'AFZ (72 %), des programmes de recherche précédents (15 %) et d'une enquête réalisée auprès des opérateurs économiques (13 %). 85 MPs différentes sont répertoriées, avec une dominance des MPs couramment utilisées en aviculture (tourteau de soja, de tournesol, maïs, féverole, etc.). Ce premier travail a mis en avant une certaine variabilité de MPs AB, notamment les tourteaux d'oléagineux (mais moindre qu'en agriculture conventionnelle) qui nécessite de créer des catégories spécifiques. Ainsi, des groupes homogènes ont été définis, sur la base de la teneur en protéines et en fibres, tandis que la teneur en lipides reste élevée et très variable. Ce travail préliminaire a permis de déterminer les matières premières à évaluer lors de mesures de digestibilités *in vivo* chez les volailles pour, à terme, proposer des tables de composition et de valeur nutritionnelle pour des MPs biologiques.

### ABSTRACT

Using only organic raw materials in poultry feeds will require a better knowledge of their composition and nutritional value. To better characterise such material, a study was conducted in the CASDAR SECALIBIO project. The aim of this study is to compare organic feed materials to conventional ones, to evaluate organic feed variability, and to prepare tables of composition and nutritional value of organic feeds. A database was constituted with data from 2326 samples of organic feeds, collected from the French Feed database of the AFZ, from previous research programmes and from feed companies. 74 organic raw materials were identified, most of them being commonly used in poultry feeding (soybean meal, maize, faba bean etc.). This preliminary work confirmed some specificities of organic feed materials, notably the high variability of certain feed materials, such as oil meal, related to growing conditions or to processes differing from those of conventional feeds. Different categories of organic soybean and sunflower oil meals have been created to delineate consistent groups for protein and fibre while fats are shown to be high and hugely variable. This preliminary study could highlight the needs for further exploration of *in vivo* digestibilities in poultry, in order to create eventually tables of composition and nutritional value of organic feeds.

## INTRODUCTION

L'agriculture biologique (AB) est un mode de production pour lequel l'ensemble des pratiques agricoles sont respectueuses de l'environnement, de la biodiversité, et de l'autonomie des agriculteurs (d'après le règlement CE n°889/2008). L'AB connaît un développement important en France depuis la fin des années 90. Une forte demande des consommateurs pour des produits issus de l'agriculture biologique a entraîné une augmentation de 23% des terres en agriculture biologique de 2014 à 2015 (Agence Bio, 2016).

L'aviculture suit cette tendance avec une progression importante : + 11% de mises en place de poules biologiques au 1<sup>er</sup> Semestre 2016 par rapport au 1<sup>er</sup> Semestre 2015 et +8 % de volailles de chair (nombre de têtes) sur les 8 premiers mois de 2016 (Synalaf, 2016).

Le passage à une alimentation composée à 100% de MP's biologiques, initialement prévu pour 2012 dans la réglementation, a été reporté au 1<sup>er</sup> janvier 2018. Ceci amène les éleveurs et fabricants d'aliment du bétail (FAB) à revoir leur stratégie de formulation, puisqu'aujourd'hui 5% de la ration peut contenir des MP's issues de l'agriculture conventionnelle (AC). Les 5% sont utilisés pour inclure des MP's conventionnelles pouvant couvrir le besoin en acides aminés des animaux, comme le concentré protéique de pomme de terre ou le gluten de maïs (Lubac et al., 2016). Un des nouveaux enjeux majeurs pour l'élevage biologique est donc de trouver d'autres stratégies pour apporter les acides aminés essentiels dans une ration 100% AB sans excès de protéines, sans dégrader les performances zootechniques ni entraîner de répercussions économiques. Les orientations prises en aviculture biologique impacteront fortement le marché de la nutrition animale biologique (équilibre entre MP's disponibles sur le marché et besoin des FABs pour formuler des aliments 100 % AB), l'aviculture représentant plus de 75 % du marché de l'aliment composé biologique (Roinsard et al., 2016).

Un des leviers pour y parvenir est de mieux connaître la valeur nutritionnelle des matières premières (MP's) biologiques, aujourd'hui extrapolée à partir de la valeur des MP's conventionnelles. Il a été montré récemment qu'il est nécessaire de disposer, pour certaines MP's, de données propres à l'AB car l'extrapolation n'est pas toujours pertinente (Juin et al., 2015).

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Conception de la base de données

La base de données (BDD) a été élaborée à partir de 3 types de sources : les données collectées depuis 1989 par l'Association Française de Zootechnie dans le cadre de la Banque de Données de l'Alimentation Animale, des données collectées auprès de FABs travaillant en AB et des données compilées à partir de

programmes de recherche (via des partenaires menant des essais agronomiques en AB) et de la bibliographie.

Les données collectées ont ensuite été nettoyées, d'abord en supprimant les doublons (AFZ et enquêtes FAB et/ou programmes de recherche), puis en retirant de la BDD des échantillons suspects :

- Les données incohérentes (erreur de mesure sur un des critères d'un échantillon par exemple)
- Les données antérieures à 1996
- Les données étant identifiées comme biologiques sans en avoir les caractéristiques. Ainsi des tourteaux d'oléagineux indiqués comme AB mais dont la teneur en huile résiduelle est inférieure à 5% sont vraisemblablement des tourteaux conventionnels, l'utilisation de solvants permettant de tels niveaux d'extraction étant interdite en AB.

Les analyses et mesures compilées concernent :

- Les principaux paramètres de composition chimique ramenés à **la matière sèche (%)** : MAT (Matières Azotées Totales), CB (Cellulose Brute), MG (Matière Grasse), Amidon, MM (Matières Minérales), Ca (Calcium), P (Phosphore).
- Des mesures de digestibilité (énergie et protéines) *in vitro* et *in vivo*.

### 1.2. Traitement des données

Afin de caractériser les MP's et d'étudier leur variabilité, les moyennes, écarts-types et coefficients de variation (CV) ont été calculés pour chacun des critères de composition chimique. Des graphiques en nuages de points (relations MG, MAT et CB), ainsi que des représentations en boîte à moustache ont été réalisés.

Les MP's issues de l'agriculture biologique ont été comparées aux produits équivalents issus de l'agriculture conventionnelle. Ainsi, dans le cas des tourteaux, les tourteaux AB ont été comparés aux tourteaux gras (sans solvant) AC et non aux tourteaux déshuilés au solvant. Ces comparaisons ont été réalisées par des ANOVAs sur les principaux critères utilisés en formulation (MAT, CB, MG) et où des différences étaient envisageables.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Description de la base de données

La collecte de données a permis de rassembler les analyses de 2324 échantillons dont la majorité sont des échantillons de céréales, de protéagineux et de tourteaux d'oléagineux issus de l'AB (**Tableau 1**). 85 MP's différentes sont présentes dans la BDD. 36 % des échantillons sont postérieurs à 2010 (et 97 % à 2000). Les échantillons sont majoritairement d'origine française (70 %). Les autres sont d'origine inconnue (22 %), espagnole (4 %) ou italienne (3 %). Les MP's protéiques les plus représentées dans la BDD – en principe les plus présentes sur le marché AB – sont le tourteau de soja (n=300), le tourteau de tournesol non

décortiqué (n=264), la féverole (n=174) ainsi que le pois protéagineux (n=109).

**Tableau 1. : Répartition des échantillons par catégorie de MPs (n=2324)**

CEREALES - COPRODUITS DE CEREALE	919
TOURTEAUX	700
PROTEAGINEUX	332
OLEAGINEUX	177
FOURRAGES	145
PRODUITS ANIMAUX	36
AUTRES	13

Notons que le son de blé est bien représenté avec 137 échantillons collectés, essentiellement issus de la base de données de l'AFZ. Les tourteaux de tournesol décortiqués, qui présentent un intérêt important en formulation d'aliments biologiques sont peu présents (n=27).

## 2.2 Caractéristiques générales des MPs

La **Figure 1** (en annexe) présente la teneur moyenne en MAT et la variabilité des MPs présentes dans la BDD.

Outre les larves d'insectes travaillées à titre prospectif dans différents programmes, les tourteaux de soja (47 %) et de sésame (44,1 %) sont les MPs les plus riches en protéines. Viennent ensuite les graines de soja extrudées (41,9 %) et toastées (41,1%). Les tourteaux de tournesol sont assez pauvres en protéines (26,7%).

Les tourteaux biologiques sont très riches en matières grasses avec des teneurs en huile résiduelle pouvant dépasser 20% (**Tableau 2**). Rappelons que seule l'extraction mécanique est pratiquée en AB du fait de l'interdiction des solvants chimiques.

**Tableau 2. : Teneur en MG (% MS) des tourteaux biologiques**

Type de tourteau	Moy.	Min	Max
Soja	10,32	5,37	22,6
Tournesol décortiqué	9,74	6,2	16,7
Tournesol non décortiqué	15,5	7,6	25,2
Colza	12,8	6,8	22,3
Sésame	12,3	6,1	35,4

## 2.3 Variabilité des matières premières biologiques

Les principales matières premières sources de protéines AB ont été comparées à celles de l'AC en termes de variabilité grâce au calcul du coefficient de variation (CV en %) (**Tableau 3**).

Il ne se dessine pas une tendance nette concernant les variabilités des graines de protéagineux issues de l'AB : Les pois AB seraient plus variables pour la MAT et la CB mais les féveroles AB le seraient moins pour la CB.

En ce qui concerne les tourteaux d'oléagineux, la variabilité des tourteaux AC sélectionnés (gras, sans solvant) est plus importante, en lien avec un nombre élevé de fournisseurs qui utilisent des procédés différents et obtiennent donc des produits d'extraction variables.

**Tableau 3. : Variabilité des MPs AB et AC**

Type de matière première		%MAT sur MS	%CB sur MS
Pois protéagineux Agri. Bio. (n=128)	Moy.	23,6	6,9
	CV%	8,6	11,5
Pois Agri. Conv. (n= 325 ; Source : AFZ)	Moy.	23,0	6,4
	CV%	4,6	7,9
Féverole Agri. Bio. fleur colorée (n=175)	Moy.	28,5	10,2
	CV%	8,2	12,7
Féverole Agri. Conv. fleur colorée (n = 177 ; Source : AFZ)	Moy.	29,1	9,0
	CV%	6,3	14,6
Tourteaux de soja Agri. Bio (n=300)	Moy.	47,4	6
	CV%	5	20,4
Tourteau de soja Agri. Conv. gras, sans solvant (n=144 ; Source : AFZ)	Moy.	47,1	6,1
	CV%	7,3	25,2
Tourteaux de tournesol Agri. Bio. (n=277)	Moy.	28,2	25,6
	CV%	8,3	12,5
Tourteau de tournesol Agri. Conv. , sans solvant (n=231 ; Source : AFZ)	Moy.	27,4	26,1
	CV%	20,4	25,7

## 2.4 Typologie des tourteaux de soja et de tournesol biologiques

La typologie des tourteaux proposée ici, combinée aux mesures de digestibilités disponibles ou à réaliser en complément, doit aboutir à l'élaboration de tables spécifiques pour les MPs biologiques. Elle est basée sur l'observation de la variabilité des tourteaux de la base de données.

### Tourteaux de tournesol

Dans le cas des tourteaux de tournesol, la teneur en CB permet de retrouver les deux types principaux produits par l'industrie, à savoir les tourteaux issus de graines entières (non décortiquées) et les tourteaux issus de graines décortiquées ou partiellement décortiquées. La teneur en MAT est également discriminante, mais dans une moindre mesure que la CB (**Figure 2**).

Pour les tourteaux de tournesol non décortiqués, deux catégories peuvent-être créés : des tourteaux de tournesol pauvres en protéines (MAT < 24 % MS) et les tourteaux à teneur moyenne en protéines (MAT > 24% MS).

Le **Tableau 4** présente la typologie que l'on peut proposer sur les tourteaux de tournesol AB non décortiqués, qui sont les plus nombreux dans la BDD.

**Tableau 4. : Typologie des tourteaux de tournesol biologiques**

	%MAT sur brut	%MG sur brut	
Groupe 23-15	22,6	15,3	moyenne
	19,6	9,8	min
	24	23,3	max
	4,9	15,4	CV%
Groupe 26-13	25,8	13,5	moyenne
	24	7	min
	30,9	19,5	max
	5,7	19,1	CV%

### Tourteaux de soja

La **Figure 3** présente la teneur en MAT de tourteaux de soja biologiques en fonction de la MG et selon différents fournisseurs. Si l'on peut constater une certaine homogénéité dans la composition des tourteaux de soja chez certains fournisseurs, il y a

		MAT	CB	Amidon
		Moy.	Moy.	Moy.
<b>Pois</b>	Agri. Bio.	23,6	6,9	50,8
	Agri Conv	23	6,4	51,9
	Signifi.	***	***	***
<b>Féverole</b>	Agri. Bio.	28,5	10,2	43,1
	Agri Conv	29,1	9	44
	Signifi.	*	***	*

\*0,01 < p < 0,05 ; \*\* 0,001 < p < 0,01 ; \*\*\* 0 < p < 0,001

globalement une grande hétérogénéité, avec des valeurs de MAT allant de 40 à 54 % et des teneurs en MG variant de 5 à 23%, ce qui reflète probablement une grande variété de pratiques, tant en matière d'extraction de l'huile que de décorticage. En pratique, la MG n'est pas discriminante dans les tourteaux de soja AB.

La discrimination des tourteaux de soja sur la teneur en protéines (qui est celle pratiquée commercialement) est elle-aussi assez difficile car, contrairement au tourteau de tournesol, aucun groupe ne se distingue nettement. En mettant une limite à 44% de MAT, on peut cependant créer deux groupes distincts, l'un correspondant à des tourteaux standards (MAT > 44% MS) et un autre (MAT < 44% MS) correspondant à des tourteaux particulièrement pauvres en protéines. Le **Tableau 5** présente cette typologie.

**Tableau 5. : Typologie des tourteaux de soja biologiques**

	%MAT sur brut		%MG sur brut	
	41,8	10		
<b>Groupe 42-10</b>	36,9	4,2	moyenne	
	43,9	16,9	min	
	3,8	25,1	max	
			CV%	
<b>Groupe 46-9</b>	46,1	9,3	moyenne	
	44,0	5,1	min	
	51,5	21,4	max	
	3,4	26,8	CV%	

## 2.5 Comparaison entre MP's AC et AB

Les principales ressources protéiques utilisées dans les aliments biologiques ont été comparées : pois, féverole, tourteaux d'oléagineux.

Pour le pois et la féverole (**Tableau 6**), la CB est significativement plus élevée en AB qu'en AC, comme observé dans des études précédentes (CASDAR ProtéAB), ce qui peut influencer négativement sur la digestibilité de ces MP's. Cette différence reste cependant faible, en particulier pour le pois. Concernant la MAT, un faible écart existe, positif pour le pois biologique et négatif pour la

féverole biologique. Ces résultats pourraient s'expliquer par une différence d'itinéraires techniques culturaux en AB (choix variétal, absence de pesticides chimiques, conduites en association, etc...), une production plus soumise aux aléas (ravageurs, maladies).

**Tableau 6. : Comparaison de la composition chimique de protéagineux biologiques et conventionnels (% MS)**

Pour les tourteaux d'oléagineux (**Tableau 7**), les différences sont faibles. Notons cependant que les tourteaux biologiques ont tendance à être plus gras en lien avec le procédé d'extraction, et plus riche en cellulose (tourteau de sésame). Le tourteau de tournesol biologique présente des différences plus significatives avec une MAT plus faible et une MG plus élevée.

**Tableau 7. : Comparaison de la composition chimique de tourteaux biologiques et conventionnels (% MS)**

		MAT	MG	CB
		Moy.	Moy.	Moy.
<b>Tourteaux de soja</b>	Agri. Bio.	47,4	10,4	5,9
	Agri Conv	47,1	9,8	6,1
	Signifi.	NS	T	NS
<b>Tourteaux de tournesol</b>	Agri. Bio.	28,2	14,5	25,6
	Agri Conv	29,4	12	25,7
	Signifi.	**	***	NS
<b>Tourteaux de colza</b>	Agri. Bio.	32,3	14,9	12,4
	Agri Conv	32,5	14,8	12,9
	Signifi.	NS	NS	T
<b>Tourteaux de sésame</b>	Agri. Bio.	37,3	12,8	11,6
	Agri Conv	35,8	9,5	7,8
	Signifi.	NS	***	**

NS : non significatif ; T : tendance ; \*0,01 < p < 0,05 ; \*\* 0,001 < p < 0,01 ; \*\*\* 0 < p < 0,001

## CONCLUSION

Ce premier travail a permis de constituer un pool de données et de construire la première base de données de matières premières issues de l'AB en France. Il a permis de caractériser la composition chimique des MP's biologiques sur les principaux critères de formulation. Il montre quelques différences avec le conventionnel : teneur en CB plus élevée pour les protéagineux, MG supérieure pour les tourteaux d'oléagineux, moindre variabilité des tourteaux AB pour la MAT et la CB comparés aux tourteaux conventionnels mais pas de tendance nette concernant les variabilités des paramètres pour les graines protéagineuses. Pour compléter cette caractérisation, des mesures de digestibilités en volailles seront effectuées afin d'apporter des données précises pour les différentes catégories de tourteaux définies ici.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence Bio, 2016. L'agriculture biologique, Chiffres clés 2015. Non publié.

Juin H., Feuillet D., Roinsard A., Bordeaux C., 2014. Nutritional value of organic raw material for poultry. In: Rahmann, G. and Aksoy, U. (Eds.) Building Organic Bridges, at the Organic World Congress 2014, 13-15 Oct., Istanbul, Turkey. 291-294.

Lubac S., Roinsard A., Chaillet I., Fontaine L., Garnier J.F., Pressenda F., Gimaret M., Dupetit C., Bouviala M., Berrodier M., Chataignon M., 2016. Développer les légumineuses à graines en Agriculture Biologique pour sécuriser les filières animales et diversifier les systèmes de culture. Innovations Agronomiques 49, 13-31.

Règlement CE N° 889/2008. Commission du 5 septembre 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) n°834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques en ce qui concerne la production biologique, l'étiquetage et les contrôles. JO UE L250, 18/09/2008.

Roinsard A., Bordeaux C., Lubac S., Brachet M., Germain K., Juin H., 2016. Valorisation de matières premières locales pour l'alimentation des poulets en agriculture biologique. TeMA, N°40. Non publié.

Figure 1 : Teneurs en MAT (% MS) des MP biologiques (plus de 9 échantillons dans la BDD)

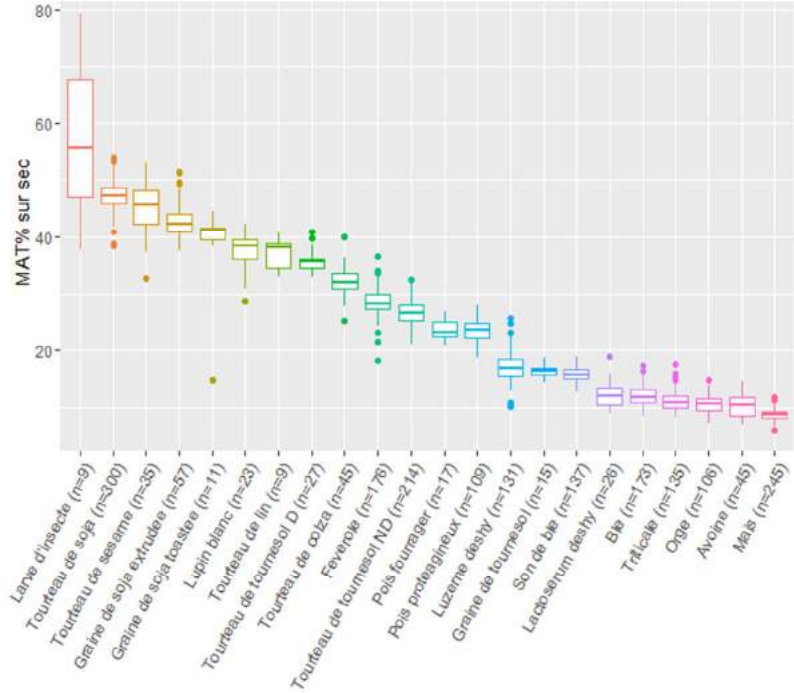


Figure 2 : Classification des tourteaux de tournesol biologique selon la MAT et la CB (% MS)

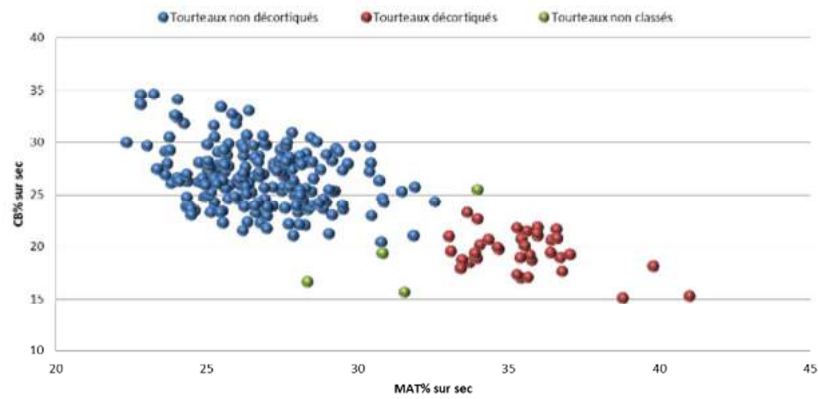
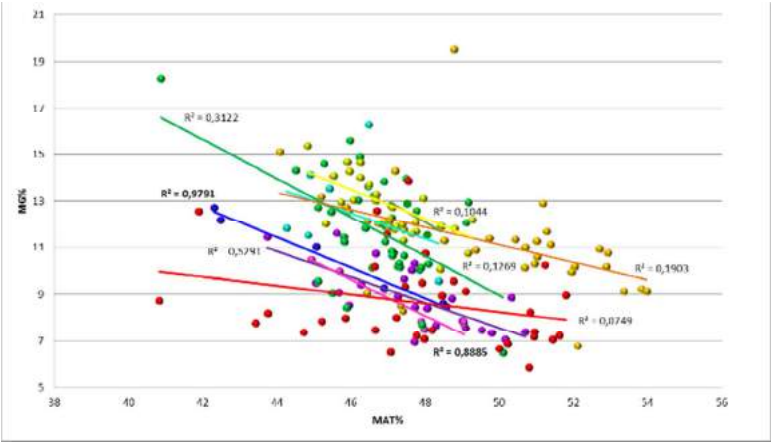


Figure 3 : Teneurs en MAT et MG (% MS) des tourteaux de soja biologiques en fonction du fournisseur (différentes couleurs)



# EFFET DE LA SOURCE PROTEIQUE DE L'ALIMENT SUR LA DIGESTIBILITE DU BLE, DU TRITICALE ET DU MAÏS CHEZ LE POULET DE CHAIR A TROIS ÂGES ET CHEZ LE COQ ADULTE

Métayer Jean Paul<sup>1</sup>, Danel Justine<sup>2</sup>, Vilariño Maria<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ARVALIS – Institut du végétal, 91720 Boigneville, France

<sup>2</sup>ARVALIS – Institut du végétal, Pouline, 41100 Villerable, France

[m.vilarino@arvalisinstitutduvegetal.fr](mailto:m.vilarino@arvalisinstitutduvegetal.fr)

## RÉSUMÉ

L'objectif de notre étude était d'évaluer l'effet de la source protéique de l'aliment (tourteau de soja vs. tourteau de colza) sur la digestibilité de l'énergie (CUD E) de trois céréales (blé, triticales, maïs) chez le poulet de chair âgé de 17, 24 ou 31 jours et chez le coq adulte. Chez le poulet, la digestibilité apparente de l'azote (CUDa N) et celle de l'amidon (CUD amidon) ont été évaluées (bilans digestifs sans mise à jeun) et les indices de consommation (IC) calculés de 10 à 31 jours. La céréale à étudier, était mélangée dans un aliment dont la source protéique majoritaire était du tourteau de soja ou du tourteau de colza. La digestibilité des nutriments des céréales a été calculée par différence. Chez le coq, la valeur énergétique des céréales est indépendante de la source protéique de l'aliment. Chez le poulet à J17, seul le CUD amidon du régime à base de triticales est dégradé de 2,8 % ( $P < 0,05$ ) en présence de tourteau de colza. A J24, le CUD E, le CUD amidon et le CUDa N du blé, du triticales et du maïs sont significativement plus faibles ( $P < 0,001$ ) lorsque ces céréales sont incorporées dans des aliments à base de tourteau de colza (respectivement -9,4, -7,3 et -3,8 % pour le CUD E, -6,4, -4,6, -2,1 % pour le CUD amidon et -8,6, -7,7, -14,7 % pour le CUDa N). A J31, le CUD E et le CUD amidon du blé, du triticales et du maïs sont significativement dégradés ( $P < 0,001$ ) en présence de tourteau de colza (respectivement -10,9, -3,3 et -2,8 % pour le CUD E et -10,0, -2,9 et -2,1 % pour le CUD amidon). Chez le poulet, les IC de 10 à 31 jours sont significativement dégradés ( $P < 0,001$ ) avec les aliments à base de tourteau de colza, indépendamment de la céréale incorporée.

En conclusion, chez le poulet en croissance, les nutriments des céréales sont digérés différemment selon la source protéique de l'aliment et de manière plus ou moins importante selon l'âge des poulets et la céréale concernée. Chez le coq, aucun effet de la source protéique sur la valeur énergétique des céréales n'est observé, ce qui interroge sur le choix de ce modèle.

## ABSTRACT

### Effect of protein source in diet on nutrient digestibility of wheat, triticales and corn in broilers at 3 different stages and roosters

The aim of our study was to evaluate the effect of protein source in the diet (soybean meal (SBM) vs. rapeseed meal (RSM)) on the digestibility of energy (AMEn/GE) of wheat, triticales and corn in broilers of 17, 24 and 31 days of age and in adult cockerel. In broilers, the apparent total tract digestibility of nitrogen (ATTD N) and starch (ATTD starch) were evaluated and feed conversion ratios (FCR) were calculated from 10 to 31 days of age. Each cereal was introduced in a diet whose principal protein source was SBM or RSM. The nutrient ATTD of cereal was calculated by difference with control diet. In adult cockerels, the energy value of cereals is independent of the protein source included in the diet. In broilers, at d17, AMEn/GE, ATTD N and ATTD starch of wheat and corn were not affected by protein source of diet. However, ATTD starch of triticales was 2.8% lower ( $P < 0.05$ ) with RSM. At d24, AMEn/GE, ATTD N and ATTD starch of wheat, triticales and corn were significantly lower ( $P < 0.001$ ) when these cereals were included in RSM based diets (respectively -9.4, -7.3, and -3.8% for AMEn/GE, -6.4, -4.6, -2.1% for ATTD starch and -8.6, -7.7, -14.7% for ATTD N). At d31, AMEn/GE and ATTD starch of wheat, triticales and corn decreased significantly ( $P < 0.001$ ) in the presence of RSM (-10.9, -3.3 and -2.8 % respectively for AMEn/GE and -10.0, -2.9 and -2.1% for ATTD starch). In broilers, FCR from 10 to 31 days of age decreased ( $P < 0.001$ ) with RSM based diets, regardless of the cereal type.

In conclusion, in broilers, nutrient digestibility of wheat, triticales and corn depend on the protein source of diet and the effect is more or less important according to the age of the broilers and the cereal. In roosters, no effect of protein source on the energy value of cereals was observed, which wonder if the choice of this model is valid.



## INTRODUCTION

En France, environ 40 % des protéines végétales consommées par l'élevage sont importées, sous forme de tourteau de soja (TS) principalement. Aujourd'hui, l'utilisation de sources de protéines métropolitaines reste limitée, malgré des demandes environnementales et sociétales en défaveur du TS importé (Bouvarel *et al.*, 2014). L'utilisation du tourteau de colza (TC) métropolitain dans l'alimentation des volailles est encore faible mais pourrait augmenter dans les années à venir. Or, la plupart des références nutritionnelles des céréales chez les volailles ont été obtenues à partir d'aliments à base de TS. Ces références sont par ailleurs obtenues, soit sur des coqs adultes, soit sur des poulets à un âge précis (21- 23 jours), alors que des travaux récents montrent des différences sur la digestibilité de certains nutriments avec l'âge (Métayer *et al.* 2015 ; Danel *et al.*, 2015). C'est pourquoi, l'objectif de cette étude était d'évaluer, chez le poulet de chair, l'effet de la source protéique (TS vs. TC) incorporée dans les aliments expérimentaux utilisés pour mesurer la valeur nutritionnelle de trois céréales, blé (B), triticales (T) et maïs (M). L'effet de l'âge des poulets et le modèle coq adulte ont aussi été étudiés.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et aliments

Les protocoles utilisés pour les essais poulets et coqs ont été évalués favorablement par le Comité d'Éthique n°19 et autorisés par le MESR conformément à la Directive 2010/63/UE relative à l'utilisation d'animaux à des fins scientifiques. Les mêmes aliments ont été testés sur coqs adultes entiers de souche ISABROWN et sur poulets mâles de souche ROSS PM3. Les poulets, élevés en cage individuelle, ont reçu jusqu'à J10 un aliment démarrage (protéines = 22,0 %, EMA = 2850 kcal/kg) avant qu'une mise en lots en fonction du poids corporel ait été effectuée.

Deux aliments dits complémentaires (C/TS et C/TC) ont été fabriqués pour être ensuite mélangés aux céréales à tester et permettre le calcul par différence de leur valeur nutritionnelle (Tableau 1). Ils étaient composés d'un mélange des 3 céréales (15 % de chaque céréale dans C/TS et 13 % dans C/TC), de gluten 60, d'huile de soja, de TS ou de TS+TC et d'un complément minéral vitaminé (AMV).

Les aliments expérimentaux étaient constitués du complémentaire (C/TS ou C/TC), de la céréale à tester et de l'AMV. Chaque couple d'aliment (B/TS et B/TC - T/TS et T/TC - M/TS et M/TC) a été formulé iso-énergie et iso-protéines (tableau 1). Dans les aliments TC, 55 % du TS étaient substitués par du TC.

Du dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) a été introduit au taux de 0,50 % dans les aliments en tant que marqueur indigestible. Il n'a pas été ajouté d'additif

anticoccidien et d'enzymes. Les aliments étaient présentés en granulés Ø 2,5 x 35 mm.

### 1.2. Mesures

Les bilans digestifs chez le poulet ont été effectués à trois âges : J17, J24 et J31. La méthode de bilan digestif avec marqueur (9 répétitions d'un animal par traitement), sans mise à jeun et avec collecte partielle des excréta (Métayer *et al.*, 2013), a été utilisée.

Chez le coq (8 répétitions par traitement), les bilans digestifs ont été effectués selon la méthode de référence décrite par Bourdillon *et al.* (1990). Les excréta des deux essais ont été lyophilisés. Ils ont ensuite été broyés (grille Ø 0,5 mm) puis analysés.

La valeur nutritionnelle du blé, du triticales et du maïs a été calculée par différence avec celle du complémentaire (base TS ou base TC).

Les performances de croissance des poulets (consommation, gain de poids (GMQ) et indice de consommation (IC)) ont été mesurées de J10 à J31.

### 1.3. Méthodes d'analyses

Les analyses sur les aliments ont été réalisées selon les méthodes suivantes : protéines (N\*6,25 - méthode Dumas, NF EN ISO 16634-1), amidon (méthode enzymatique NF V18-121), énergie brute (à l'aide d'un calorimètre isopéribole C2000, NF EN ISO 9831). La composition des excréta (protéines, amidon et EB) a été obtenue à l'aide d'équations de prédiction dans le proche infrarouge (SPIR) développées dans le cadre du projet CASDAR DigSPIR et après validation par les méthodes de références ci-dessus. La méthode de Terpstra et Hart (1974) a été utilisée pour mesurer l'azote protéique des excréta. Les teneurs en TiO<sub>2</sub> ont été mesurées sur les aliments et les excréta selon la méthode décrite par Short *et al.* (1996).

### 1.4. Analyses statistiques

Les effets et les interactions entre les facteurs étudiés (source de protéines, céréale) ont été analysés par ANOVA séparément à chacun des trois âges. Les comparaisons de moyennes par âge ont été effectuées à l'aide du test de Tukey. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statview Software program, version 5.0 et du logiciel Expé-R v1.2.0.

## 2. RESULTATS

La teneur en protéines mesurée dans les aliments confirme l'objectif de formulation iso-protéine de chaque couple d'aliments (tableau 1). L'incorporation du TC à des niveaux élevés pour les besoins expérimentaux (23 % dans le C et 12,5 - 13,5 % dans les aliments blé, triticales et maïs) n'a pas généré de problèmes particulier de consommation ou de croissance. Les effets de la source de protéines (TS ou TC) sur la digestibilité des trois céréales à chaque âge sont présentés (tableau 2) par critère : CUD amidon, CUDa N et CUD E.

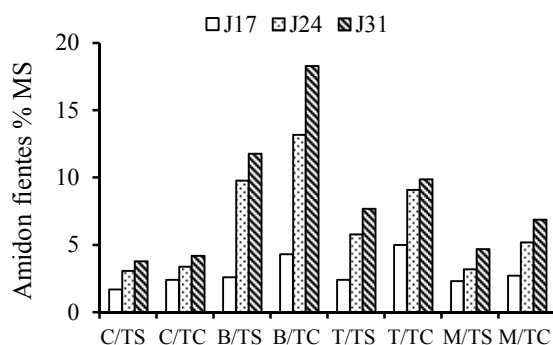
**Tableau 1 :** Composition, caractéristiques prévisionnelles et composition chimique mesurée des aliments expérimentaux (%)

Composition (en %)	C/TS	C/TC	B/TS	B/TC	T/TS	T/TC	M/TS	M/TC
Blé	15,0	13,0	<b>51,3</b>	<b>51,0</b>	8,3	7,0	8,7	7,6
Triticale	15,0	13,0	8,3	7,0	<b>51,3</b>	<b>51,0</b>	8,7	7,6
Maïs	15,0	13,0	8,3	7,0	8,3	7,0	<b>48,7</b>	47,6
T. soja 48	41,5	17,4	22,9	9,4	22,9	9,4	24,2	10,2
T. colza	-	23,0	-	12,5	-	12,5	-	13,4
Gluten 60	3,4	9,5	1,9	5,1	1,9	5,1	1,9	5,5
Huile soja	5,8	7,2	3,2	3,9	3,2	3,9	3,2	4,2
AMV.	3,8	3,5	3,8	3,5	3,8	3,5	3,8	3,5
TiO <sub>2</sub>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
<b>Valeurs de formulation (en %)</b>								
Matière sèche	88,6	89,2	88,8	89,3	88,4	88,7	88	88,3
EMAn poulet	2900	2900	2868	2878	2823	2826	2984	2989
Matière Azotée	26,0	26,0	18,7	18,6	18,0	17,9	17,8	17,9
Lysine D	1,4	1,3	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9
<b>Composition chimique (en %MS ou kcal/kg MS)</b>								
Matière Azotée	29,0	28,9	21,1	20,9	20,5	20,4	20,5	20,4
Energie brute	4771	4908	4537	4618	4524	4611	4582	4681
Amidon	30,7	27,5	45,2	44,2	44,8	43,2	46,1	44,2
Matière minérale	7,2	6,7	6,2	5,8	6,4	6,0	6,2	5,9
Matière grasse	6,7	11,0	4,8	5,9	6,5	6,0	7,6	8,7

C : Complémentaire ; B : Blé ; T : Triticale ; M : Maïs ; TS : tourteau soja ; TC : tourteau colza ; AMV : minéraux + prémix + acides aminés ; EMAn : Energie Métabolisable Apparente à bilan azoté nul prévisionnelle (kcal/kg)

## 2.1. CUD amidon chez le poulet

La teneur en amidon des fientes est un bon prédicteur de la digestibilité de l'amidon (Métayer *et al.*, 2015). Cet essai (figure 1) confirme que la proportion d'amidon retrouvé dans les fientes augmente avec l'âge des poulets quel que soit l'aliment.

**Figure 1 :** Teneur en amidon (% MS) des fientes selon l'âge des poulets et la source protéique

Les plus fortes teneurs en amidon des fientes sont obtenues avec les aliments à base de blé, puis triticale et principalement à J24 et J31 ( $P < 0,001$ ). Les aliments à base de TC augmentent cet effet de manière significative ( $P < 0,01$ ,  $< 0,05$  et  $< 0,02$  respectivement à J17, J24 et J31) par rapport aux aliments à base de TS.

Le CUD amidon des céréales est affecté de manière significative par la source protéique, quel que soit

l'âge et sans interaction significative avec le type de céréale.

Le CUD amidon des céréales est plus faible en présence de TC qu'en présence de TS. A J17, cet effet est faible (-1.2 points) mais il s'accroît à J17 et J24 (-4.2 et -4.7 points respectivement).

Les CUD amidon des céréales varient selon l'âge. A J17,  $M > T$  de seulement 1.9 points, mais à J24 l'écart augmente et  $M > T$  et  $B$  de plus de 4,7 points.

A J31 les différences entre  $M$  et  $T$  sont stables mais la valeur de  $B$  continue à se dégrader jusqu'à atteindre un écart de -8.8 points par rapport à  $M$ .

## 2.2. CUD apparent de l'azote chez le poulet

Les résultats sur ce critère semblent plus variables d'un âge à l'autre que ceux de l'amidon. A J17, aucun effet significatif de la source protéique n'est mis en évidence, quelle que soit la céréale, le CUDa N du  $T$  étant significativement plus faible (-6.6 points en moyenne) que celui du  $B$  ou du  $M$ .

A J24, le CUDa N est dégradé (-9.1 points) en présence de TC quelle que soit la céréale. A cet âge, comme à J17, le  $T$  a le CUDa N le plus faible parmi les trois céréales. A J31, on observe une interaction  $CER \times SP$  ( $P < 0,05$ ), qui s'explique par un CUDa N du  $B$  et du  $M$  dégradé de 3,3 points en présence de TC (NS) alors que pour le  $T$ , c'est en présence de TS que le CUDa N est le plus affecté (-6,8 points).

### 2.3. CUD énergie et EMAn chez le poulet

A J17, le CUD E montre une interaction entre la céréale et la source de protéines qui s'explique par des valeurs plus faibles pour B et T en présence de TC alors qu'elle est plus élevée pour M.

A J24, cette interaction disparaît et les deux facteurs ont des effets significatifs ( $P < 0,001$ ) sur le CUD E, qui est, toutes céréales confondues, 5,2 points plus faible en présence de TC par rapport au TS. La hiérarchie des CUD E des céréales ( $M > B > T$ ) est semblable à celle de J17 mais les différences deviennent significatives.

Ces effets sont similaires à J31 mais la différence entre blé et triticale disparaît.

Ainsi, les valeurs EMAn des céréales sont significativement ( $P < 0,001$ ) plus faibles lorsque celles-ci sont incorporées dans des aliments à base de TC (-230 et -193 kcal/kg MS à J24 et J31 respectivement) par rapport au TS, sauf à J17.

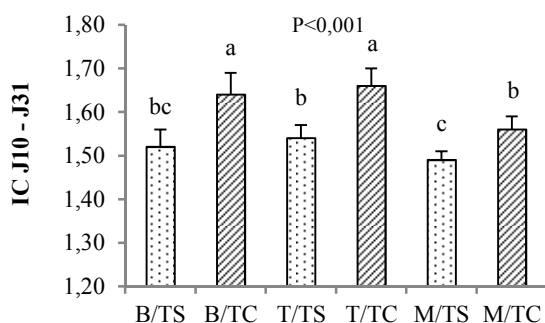
Cet effet diffère selon la céréale. A J24, la diminution de la valeur d'EMAn mesurée lorsqu'elle est incorporée dans un aliment avec TC, est de -149 pour B, -224 pour T et -320 kcal/kg MS pour M.

### 2.5. Performances de croissance des poulets

La consommation et le GMQ les plus élevés sont obtenus avec l'aliment M/TS et les plus faibles avec l'aliment M/TC ( $P < 0,01$ ) (données non présentées). L'IC est dégradé avec les aliments TC (figure 2), quelle que soit la céréale ( $P < 0,001$ ). Or, chaque couple d'aliments (blé, triticale, maïs), avec TS ou TC, a été formulé iso-énergie, iso-protéines et iso-Lys digestible. Seule la teneur en Arg digestible était plus faible dans les aliments TC (0,9 vs 1,1 % pour les aliments TC et TS).

De J10 à J31, l'IC est corrélé négativement avec le CUDa N ( $R = -0,64$  ;  $P < 0,001$ ) et le CUD E ( $R = -0,61$  ;  $P < 0,001$ ) des aliments contenant le TC.

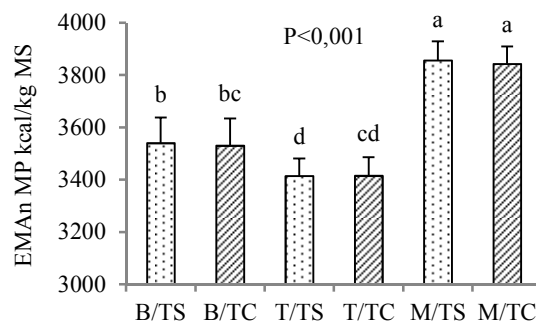
**Figure 2** – Effet de la source protéique sur l'IC des poulets de J10 à J31.



### 2.6. Effet de la source de protéines sur la valeur énergétique des céréales chez le coq adulte

Chez le coq, contrairement au poulet, l'EMAn des céréales n'est pas dégradée lorsqu'elles sont incorporées dans un aliment à base de TC (figure 3).

**Figure 3** – Effet de la source protéique sur la valeur énergétique des céréales chez le coq adulte



### 3. DISCUSSION

Ces résultats montrent un effet de la source de protéines sur la valeur nutritionnelle des céréales chez le poulet, effet non observé chez le coq adulte. Globalement, la digestibilité des nutriments, en particulier des céréales à paille B et T, diminue en présence de TC, et ces effets s'intensifient avec l'âge. Ces résultats sont en accord avec ceux de Gopinger *et al.* (2014) qui ont observé chez le poulet, une dégradation linéaire de la digestibilité de la matière sèche, des protéines et de l'extractif non azoté avec l'augmentation de l'incorporation de tourteau de canola au-delà de 16 % dans les aliments.

Les résultats sur le CUD amidon confirment l'hypothèse de la dégradation, plus ou moins importante selon la céréale, de la digestibilité de l'amidon avec l'âge (Métayer *et al.*, 2015).

Chez le poulet, la dégradation de la digestibilité des nutriments en présence de TC pourrait s'expliquer par le niveau plus important de fibres insolubles en comparaison à un aliment/TS, ces fibres pouvant favoriser une accélération du transit intestinal et entraîner ainsi une moins bonne digestibilité. La présence de ces fibres peut également avoir un impact sur la paroi intestinale et réduire l'absorption des nutriments (Qaisrani *et al.*, 2014).

Cet effet est plus marqué pour les céréales à paille, dont la matrice protéine/amidon serait moins accessible aux enzymes digestives que celle du maïs. Avec l'âge, les poulets consomment davantage d'aliment, ce qui peut diminuer encore la capacité des enzymes digestives à « couper » la matrice amidon/protéines, augmentant ainsi l'excrétion de ces nutriments.

Une autre hypothèse envisageable est l'augmentation de l'excrétion endogène (tissus, microorganismes,...) qui diminuerait les CUD apparents de la protéine et de l'énergie en présence de fibres, comme c'est le cas chez le porc. Par contre, cette hypothèse ne s'applique pas au CUD de l'amidon, dont l'unique source est l'aliment.

Le coq étant un animal adulte, avec des capacités digestives plus développées et qui consomme une moindre quantité d'aliment, proportionnellement à

son poids, ne serait pas affecté de la même manière. Il est néanmoins possible qu'une partie des nutriments non digérés au niveau intestinal, soit utilisée par les microorganismes contenus dans les caeca, beaucoup plus développés que chez le poulet, lissant ainsi des éventuelles différences.

La digestibilité de l'azote des céréales est plus difficile à analyser que celle de l'amidon car plus variable et ne semble pas avoir un comportement linéaire avec l'âge. Dans la littérature, les résultats sont parfois aussi contradictoires. D'une part, Perić *et al.* (2015) n'ont pas observé de dégradation de la digestibilité des protéines d'un aliment contenant jusqu'à 15 % de TC, en comparaison à un aliment base maïs/TS. Cependant Saki *et al.* (2008) ont observé une baisse de la digestibilité des protéines des aliments contenant 30 % de TC. Par ailleurs, Métayer *et al.* (2015) ont observé chez des poulets en croissance une amélioration du CUDa N des céréales lorsque la part de TS dans l'aliment augmente en proportion des autres sources de protéines.

Dans cet essai, la valeur énergétique, qui synthétise finalement la valeur nutritionnelle de chaque nutriment, est cohérente avec les résultats de digestibilité de l'azote et de l'amidon ainsi qu'avec les performances des animaux, qui confortent l'ensemble des résultats.

Néanmoins, il ne faut pas oublier que la variabilité individuelle est importante, ce qui renforce les hypothèses reliant les caractéristiques spécifiques aux matières premières et celles physiologiques intrinsèques à l'animal.

Enfin, l'idée souvent acceptée, en partie par un manque de données, d'une faible digestibilité des nutriments chez le tout jeune poulet (moins de 20 jours), est remise en cause dans ces résultats et d'autres récemment publiés (Métayer *et al.*, 2015,

Danel *et al.*, 2015), à l'exception de la digestibilité des matières grasses.

Les résultats sur l'effet négatif de l'incorporation de TC sont en accord avec ceux rapportés par Stanačev *et al.* (2013) et Qaisrani *et al.* (2014), qui ont observé une baisse du GMQ significative et une dégradation de l'IC avec l'introduction de TC en substitution au TS dans l'aliment.

## CONCLUSION

Les résultats de cette étude montrent que la mesure de la valeur nutritionnelle du blé, du triticale et du maïs peut donner des résultats différents en fonction de la source protéique incorporée dans l'aliment, mais aussi de l'âge des poulets.

Bien que la méthode de calcul par différence reste valable lorsque les céréales à évaluer sont complémentées avec une même source protéique, il serait important d'approfondir sur les effets synergiques ou antagonistes entre matières premières, d'autant plus que d'autres sources protéiques que le tourteau de soja sont amenées à rentrer de plus en plus dans les formules.

Le coq reste un modèle intéressant dans certaines conditions d'essai, maîtrisées, mais ne permet pas la transposition simple vers des valeurs poulet, encore moins à différents âges.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Patricia Thiercelin de la station expérimentale d'ARVALIS – Institut du végétal à Villerable (41) pour la réalisation des essais sur animaux, Jean-Yves Moreau pour la fabrication des aliments expérimentaux et le personnel du pôle analytique d'ARVALIS pour la réalisation des analyses.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bourdillon A., Carre B., Conan L., Duperray J., Huyghebaert G., Leclercq L., Lessire M., McNab J., Wiseman J., 1990. *Brit. Poult. Sci.*, 31:557-565.
- Bouvarel I., Lessire M., Narcy A., Duval E., Grasteau S., Quinsac A., Peyronnet C., Tran G., Heuze V., 2014. *Oilseeds and Fats Crops and Lipids*. 21 (4), D405.
- Danel J., Métayer J.P., Vilariño M., 2015. 11<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 25 et 26 mars 2015.
- Gopinger E., Xavier E.G., Elias M.C., Catalan A.A., Castro M.L., 2014. *Poult. Sci.*, 93(5), 1130-1136.
- Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2015. 11<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 25-26 mars, 504-508.
- Perić L., Ivković M., Žikić D., Jajić I. 2015. *Scientific paper : Animal Science and Biotechnologies*, 48 (1).
- Qaisrani S.N., Moquet P.C.A., Krimpen M.M. van, Kwakkel R.P., Verstegen M.W.A., Hendriks W.H. 2014., *Poult. Sci.*, 93(12), 3053-3064.
- Saki A.A., Mahmoudi H., Tabatabaci M.M., Ahmadi A., 2008. *Asian-Aust. Journ. Anim. Sci.*, 21, 11, 1624-1628.
- Short F.J., Gorton P., Wiseman J., Boorman K.N., 1996. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 59, 215-221.
- Stanačev V., Milić D., Marjanović Jeromela A., Stanačev V., Milosevic N., Puvaca N. 2013. *Maced. Journ. Anim. Sci.*, 3(1) 69–73.
- Terpstra K., De Hart N., 1974. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd.*, 32, 306-320.

**Tableau 2 :** Coefficients d'utilisation digestive et valeur énergétique des céréales chez le poulet (% ou kcal/kg MS)

	Moyennes par céréale et source protéique <sup>(2)</sup>						Analyse factorielle <sup>(1)</sup>			Moyennes par céréale <sup>(2)</sup>			Moyennes par source protéique <sup>(2)</sup>	
	B/TS	B/TC	T/TS	T/TC	M/TS	M/TC	CER x SP	CER	SP	B	T	M	TS	TC
<b>J17</b>														
CUD amidon (%)	98,4	97,6	98,6	95,8	99,0	99,2	NS	*	*	98,0 xy	97,2 y	99,1 x	98,7 x	97,5 y
CUDa N (%)	80,6	81,9	76,4	73,2	80,1	82,9	NS	**	NS	81,2 x	74,8 y	81,5 x	79,0	79,3
CUD E (%)	75,1 b	73,5 bc	72,4 bc	68,9 c	81,0 a	83,1 a	*	***	NS	74,3	70,6	82,1	76,2	75,2
EMAn (kcal/kgMS)	3331 b	3261 bc	3203 bc	3049 c	3685 a	3779 a	*	***	NS	3296	3126	3732	3406	3363
<b>J24</b>														
CUD amidon (%)	95,8	89,7	95,7	91,3	99,3	97,2	NS	***	***	92,8 y	93,5 y	98,2 x	96,9 x	92,7 y
CUDa N (%)	88,2	80,6	78,4	72,4	91,3	77,9	NS	***	***	84,4 x	75,3 y	84,6 x	86,0 x	76,9 y
CUD E (%)	76,3	69,1	70,3	65,2	84,3	81,1	NS	***	***	72,7 y	67,8 z	82,7 x	77,0 x	71,8 y
EMAn (kcal/kgMS)	3386	3066	3112	2888	3835	3686	NS	***	***	3226 y	3000 z	3761 x	3444 x	3213 y
<b>J31</b>														
CUD amidon (%)	93,1	83,8	94,0	91,3	98,4	96,3	NS	***	***	88,5 z	92,6 y	97,3 x	95,2 x	90,5 y
CUDa N (%)	81,4 ab	78,1 ab	73,2 b	80,0 ab	86,3 a	83,0 a	*	***	NS	79,8	76,6	84,7	80,3	80,4
CUD E (%)	75,1	66,9	72,0	69,6	85,8	83,4	NS	***	***	71,0 y	70,8 y	84,6 x	77,6 x	73,3 y
EMAn (kcal/kgMS)	3333	2966	3185	3079	3902	3795	NS	***	***	3149 y	3132 y	3849 x	3473 x	3280 y

<sup>(1)</sup> NS :  $P > 0,05$  ; \* :  $P < 0,05$  ; \*\* :  $P < 0,01$  ; \*\*\* :  $P < 0,001$  ; CER : effet de la céréale ; SP : effet de la source de protéines ; CER \* SP : effet de l'interaction Céréales \* Source de protéines

<sup>(2)</sup> Groupes homogènes selon le test de Tukey (seuil de 5 %) lorsqu'une interaction entre les facteurs est significative, par traitement (a, b, c) ou par céréale ou source de protéines (x, y, z)

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

**Quentin Maxime<sup>1</sup>, Margetyal Carole<sup>2</sup>, Laffitte Etienne<sup>1</sup>, Besson Marc<sup>1</sup>, Amador Olivier<sup>1</sup>, Launay Claire<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> INZO, 1 rue de la Marébaudière, BP 96669, 35766 Saint-Grégoire

<sup>2</sup> NEOVIA, site de Chierry, rue de l'église, CS90019, 02402 Château-Thierry

[mquentin@inzo-net.com](mailto: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 caecetomisés 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 <sup>b</sup>	62,1	42,4 <sup>b</sup>	1,468 <sup>a</sup>
16,1	967 <sup>ab</sup>	62,6	44,1 <sup>a</sup>	1,423 <sup>b</sup>
17,2	987 <sup>a</sup>	62,7	45,0 <sup>a</sup>	1,393 <sup>c</sup>
18,4	985 <sup>a</sup>	61,6	44,9 <sup>a</sup>	1,377 <sup>c</sup>
19,6	992 <sup>a</sup>	62,0	45,2 <sup>a</sup>	1,373 <sup>c</sup>
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 croît 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	%		3,00	3,80	2,50	5,80	7,0	7,0	6,4	0,4
Metro										
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).

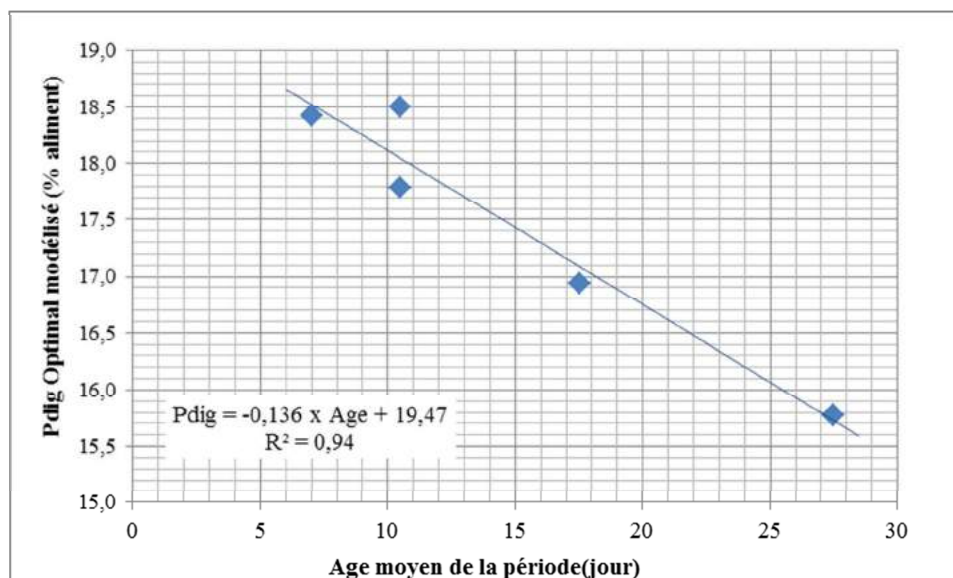
Protéine Digestible (%)	PV J21	PV J34	Conso 21-34	GMQ 21-34	IC 21-34	Rendement PAC (%)	Rendement Filet (%)
13,5	932	2396 <sup>b</sup>	184,1 <sup>ab</sup>	112,6 <sup>b</sup>	1,628 <sup>a</sup>	76,8 <sup>ab</sup>	21,0 <sup>b</sup>
14,5	947	2506 <sup>a</sup>	189,9 <sup>a</sup>	119,9 <sup>a</sup>	1,582 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



# **EFFET D'UNE INCORPORATION ÉLEVÉE DE TOURTEAU DE TOURNESOL HIPRO DANS LA RATION EN ÉLEVAGE SUR LES PERFORMANCES DU CANARD MULARD**

**Canin Amandine, Desbordes Pierre, Crinière Mickaël, Domitile Renaud**

*IDENA – 21 rue du Moulin - 44880 SAUTRON*  
[amandine.canin@idena.fr](mailto:amandine.canin@idena.fr)

## **RÉSUMÉ**

Le tourteau de tournesol constitue une source de protéines et peut, en nutrition animale, être une alternative intéressante au tourteau de soja. Pour le canard Prêt-à-Gaver, il est utilisé aux alentours de 10 % dans les formules. L'objectif de cet essai était d'étudier l'effet d'une incorporation plus importante de tourteau de tournesol Hipro dans les aliments Prêt-à-Gaver sur les performances techniques des canards en élevage et à l'abattage.

3 264 canards mulards d'un jour (souche MMGxPKL) ont été séparés en 2 groupes (TÉMOIN et TT+) x 4 répétitions par groupe pour la période d'élevage. Sur la période 1-28 jours, les canards ont reçu un aliment démarrage contenant 10 % (TÉMOIN) ou 15 % (TT+) de tourteau de tournesol Hipro. Sur la période 29-80 jours, ils ont reçu un aliment croissance-finition contenant 15 % (TÉMOIN) ou 25% (TT+) de tourteau de tournesol Hipro. A 80 jours, le poids et la consommation alimentaire par traitement ont été calculés. Les canards ont été ensuite répartis chez 3 gaveurs pour 12 jours. A l'abattage, des mesures individuelles de poids de magrets et de foies ont été réalisées.

A 80j, le poids vif des animaux du groupe TT+ a été amélioré de 2,8 %. L'indice de consommation a également été amélioré pour ces animaux (3,74 contre 3,85). A l'abattage, les poids de foies des canards du groupe TT+ ont été significativement supérieurs.

Les résultats obtenus ont suggéré que le tourteau de tournesol pouvait être incorporé dans les formules Prêt-à-Gaver jusqu'à 15% au démarrage et 25% en croissance-finition sans effet négatif sur les performances zootechniques en pré-gavage et sur les résultats d'abattage.

## **ABSTRACT**

**Effect of a high rate of Hipro sunflower meal in feed during the rearing period on male mule ducks performances.**

Sunflower meal is a source of available proteins and can be an interesting alternative to soybean meal in animal nutrition. For mule ducks in rearing period, it is used at around 10% in diet. The objective of this trial was to assess the effect of a higher incorporation rate of Hipro sunflower meal in feed on performances of mule ducks, in rearing and force-feeding period.

3264 days old mule ducks (MMGxPKL) were separated in 2 groups (negative control and treatment = EL) x4 replicates per group for the rearing period. Ducks received a starter feed (1-28 days) formulated with 15 % (CONTROL) or 25% (TT+) of Hipro sunflower meal and a grower-finisher feed (29-80 days) formulated with 15 % (CONTROL) or 25% (TT+) of Hipro sunflower meal. At 80 days, the body weight and feed consumption were measured for each treatment. For force-feeding, the ducks were separated among 3 farmers during 12 days. At slaughter, individual measures of breast and liver were conducted.

At 80 days, live weight for TT+ group was improved by 2.8 %. Feed Conversion Ratio was also improved for this group (3.74 versus 3.85). At slaughter, ducks in TT+ group had a significant higher liver weight.

Results suggested that Hipro sunflower meal could be incorporated in feed until 15% for starting and 25% for growing-finisher period without negative effect on the performances of mule ducks during rearing and their results at slaughter.

## INTRODUCTION

La production mondiale de tournesol sur la période 2016/2017 s'annonce à un niveau record, avec une surface cultivée de 25 millions d'hectares (+7,3%) pour une production atteignant 44 millions de tonnes. L'Ukraine est le premier producteur mondial avec 13,5 Mt, suivie par la Russie (10 Mt) puis l'Union Européenne avec un peu plus de 8 Mt produites (France AgriMer, 2016a).

En France, 65% du tournesol utilisé est cultivé sur le territoire national. Pour 2016, la production est annoncée à 1,13 Mt, stable par rapport à 2015. La majeure partie des ressources en tournesol (74%), importations comprises, est triturée pour la production d'huile et de tourteau, utilisable en nutrition animale (France AgriMer, 2016b).

Afin d'améliorer la qualité du tourteau et notamment sa teneur en protéines, les graines peuvent être décortiquées avant trituration de façon à extraire une partie des coques. On distingue alors plusieurs types de tourteau de tournesol (TT) en fonction de leur niveau de décortilage. Le tourteau non décortiqué low-pro est issu de graines entières et contient environ 28% de protéines sur produit brut. Le tourteau semi-décortiqué ou mid-pro contient 33% de protéines. Enfin le tourteau Hipro dont la graine subit un décortilage poussé, contient 35% à 38% de protéines.

Le tourteau de tournesol constitue donc une source intéressante de protéines pour l'alimentation animale, sans facteurs anti-nutritionnel pour les monogastriques et non OGM (Organisme Génétiquement Modifié). Bien que moins riche en lysine que le tourteau de soja (1,0% contre 2,8% sur brut), le tourteau de tournesol possède un ratio Met/Lys mieux équilibré (Met/Lys=64% pour le TT contre 23% pour le tourteau de soja).

Dans l'alimentation des volailles, le tourteau de tournesol est surtout valorisé dans l'alimentation des poules pondeuses et des canards Prêt-À-Gaver (PAG) (Dauguet, 2014). En PAG, le tourteau de tournesol rentre à hauteur de 10% dans les formules alimentaires (Bernadet, 2015) et constitue une alternative intéressante au soja, aujourd'hui largement importé hors Union Européenne (70% du soja est importé pour la France en 2015).

L'objectif de cet essai était donc de comparer les performances zootechniques en élevage et les résultats d'abattage de canards mulards alimentés avec du tourteau de tournesol Hipro incorporé de façon plus ou moins importante dans l'aliment pendant toute la durée d'élevage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé dans le bâtiment expérimental « La Cazelle » situé à Gramat (46) de juin à août 2015. 3264 canards mulards (MMGxPKL) d'un jour, issus du même couvoir, ont été mis en place aléatoirement dans 8 cases de 408 canards et répartis en 2 traitements (TÉMOIN et Essai = TT+, soit 4 cases par traitement) de manière à respecter un même poids moyen à la mise en place. Chaque case donnait accès à un parcours extérieur clôturé par case. Les canards ont reçu un aliment démarrage (1-28 jours) contenant 10 % (TÉMOIN) ou 15 % (TT+) de tourteau de tournesol Hipro puis un aliment croissance-finition (29 jours-mise en gavage) contenant 15 % (TÉMOIN) ou 25% (TT+) de tourteau de tournesol Hipro (Tableau 1). Les principales caractéristiques nutritionnelles du tourteau de Tournesol Hipro utilisé sont données dans le tableau 2. Les aliments ont été formulés de manière à être similaires en énergie, protéines, et les ratios en acides aminés équilibrés pour les deux régimes. A 80 jours, les canards ont été répartis uniformément chez 3 gavageurs, chacun recevant autant d'animaux des deux traitements. Pendant 12 jours, les canards ont été gavés avec le même aliment selon la même courbe de gavage, puis abattus.

### 1.2. Mesures

Pendant la période d'élevage, des pesées hebdomadaires d'un échantillon de 50 animaux par case ont été réalisées. A 80 jours, avant la mise en gavage, la totalité des animaux par case a été pesée. La consommation alimentaire a été relevée chaque semaine et la mortalité quotidiennement. A l'abattage, les poids individuels des foies et des magrets ont été mesurés.

### 1.3. Analyses statistiques

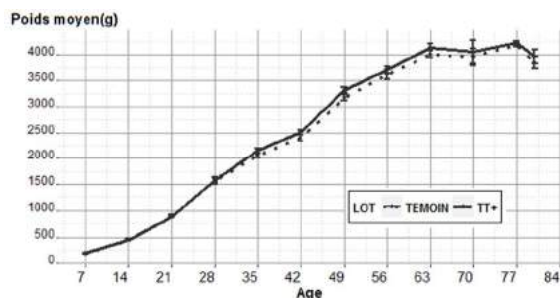
Le traitement des données a été effectué sous Excel®, et l'analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel RStudio®. Pour les résultats en élevage, le poids moyen, le Gain Moyen Quotidien (GMQ) et l'Indice de consommation (IC) par traitement ont été calculés chaque semaine. A 80 jours, les poids moyens des deux traitements ont été comparés à l'aide d'un test t de Student ( $\alpha=5\%$ ). Pour l'IC et la mortalité, nous nous sommes concentrés sur la différence observée entre les deux traitements. Pour les résultats après gavage, l'effet du gavageur et du traitement sur les poids de foie et de magret ont été

évalués par analyse de la variance à 2 facteurs ( $\alpha=5\%$ ).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Performances zootechniques en période d'élevage

Les résultats techniques des deux lots en période d'élevage sont présentés dans le tableau 3. La mortalité à la fin de la période d'élevage a été la même pour les deux lots (TÉMOIN=1,35% et TT+=1,10%) et n'a pas eu d'impact sur les performances à 80 jours.



**Figure 1:** Courbe de croissance de 1 à 80 jours

La figure 1 représente la courbe de croissance des canards de 1 à 80 jours pour les deux groupes. Lors de la dernière pesée avant la mise en gavage, le poids moyen des animaux a été significativement plus élevé pour le lot « TT+ », soit une augmentation du poids vif de 2,9% par rapport au groupe « TÉMOIN ». La dernière pesée a eu lieu après la mise à jeun (>24h), ce qui expliquait la perte de poids observée sur la courbe entre 77 et 80 jours. A 80 jours, la consommation alimentaire totale par canard a été la même pour les deux groupes avec 14,815 kg d'aliment consommé en moyenne par canard pour le lot « TÉMOIN » et 14,761 kg pour les animaux « TT+ ». L'IC à 80 jours a été amélioré pour les animaux du groupe « TT+ » ( $IC_{TT+}=3,74$  et  $IC_{TÉMOIN}=3,85$ ).

Dans une étude menée chez le canard mulard, dans laquelle 4 niveaux (0, 10, 20 et 30%) de TT Hipro étaient testés sur la période 25-84 jours, aucune différence significative n'avait été obtenue sur les poids à 84 jours ni sur l'IC sur la période 25-84 jours (Bernadet *et al.*, 2013). Afin de consolider ces résultats en conditions terrains, une autre étude avait été publiée en 2015 (Bernadet, 2015), dans laquelle deux régimes croissance-finition étaient confrontés, l'un avec 0% et l'autre avec 20% de tourteau de tournesol Hipro. A 80 jours, une augmentation significative du poids vif avait été obtenue pour les canards recevant 20% de TT Hipro dans l'aliment. L'indice de consommation sur la

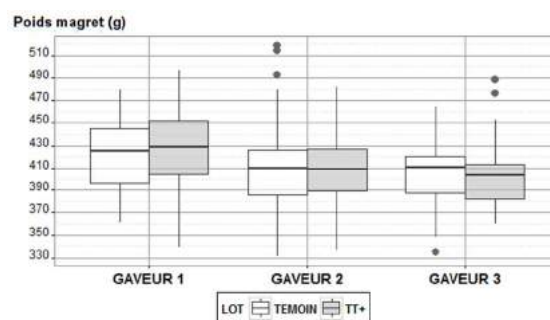
période 25-80 jours était similaire pour les deux groupes.

Dans notre étude, nous avons également obtenu des performances de croissance supérieures pour le lot recevant 25% de TT Hipro dans l'aliment croissance-finition. La valorisation du TT Hipro a été par conséquent peut-être sous estimée en ce qui concerne la digestibilité des acides aminés et de l'énergie.

Chez le poulet, plusieurs publications se sont également intéressées à la substitution du tourteau de soja par du tourteau de tournesol, mais ont obtenu des résultats contradictoires. Par exemple, une étude brésilienne montrait que l'incorporation dans la ration de 15% de TT non décortiqué induisait une baisse du poids vif à 42 jours, sans effet sur l'indice de consommation (Araújo *et al.*, 2011). A l'inverse, Moghaddam *et al.* (2012) a montré que l'on pouvait incorporer jusqu'à 21 % de tourteau de tournesol non décortiqué sans effet négatif sur les performances zootechniques. Le tourteau de tournesol semble donc pouvoir remplacer le tourteau de soja à condition que la formule contienne les quantités d'énergie et d'acides aminés digestibles recommandés. Levic *et al.*, (2005) a montré que, pour le poulet, les tourteaux de tournesol décortiqués, moins riches en cellulose, étaient à privilégier.

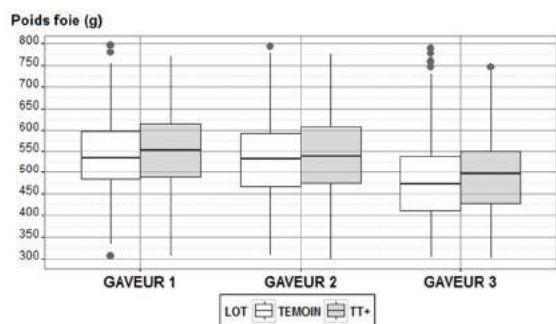
### 2.2. Performances en gavage

Les résultats d'abattage sont présentés dans le tableau 4. L'analyse statistique a mis en évidence un effet significatif du gaveur sans interaction avec le traitement. L'augmentation de la part de tourteau de tournesol Hipro dans la ration en élevage n'a pas eu d'effet sur le poids des magrets (Figure 2).



**Figure 2:** Poids des magrets par gaveur et par traitement

En revanche, le poids de foie a été en moyenne significativement plus élevé pour les animaux ayant reçu une part plus importante de TT Hipro dans la ration en élevage (Figure 3).



**Figure 3:** Poids des foies par gaveur et par traitement

Dans les études menées par Bernadet *et al.* (2013 et 2015) chez le canard mulard, aucune différence n'avait été observée sur les performances de gavage

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Araújo L.F., Da Silva Araújo C.S., Barros Petrolí N., De Laurentiz A.C., De Albuquerque R., Alves de Trindade Neto M., 2011. R.Bras.Zootec, v40, n10, 2142-2146.
- Bernadet M.D., 2015. 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, 789-793.
- Bernadet M.D., Parailloux-Caubet X., Lessire M., 2013. 10<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, 877-880.
- Dauguet S., 2014. Rencontre technique régionale, CETIOM.
- FranceAgriMer, 2016a. In : Panorama trimestriel des marchés oléo-protéagineux, n°9, octobre 2016.
- FranceAgrimer, 2016b. In : Conseil spécialisé filières oléagineux, protéagineux, fourrages séchés, matières grasses d'origine végétale, plantes textiles et vers à soie, octobre 2016.
- Lević J.D., Sredanović S.A., Duragić O.M., 2005. Act.Period.Techn., 3-10.
- Moghaddam H.N., Salari S., Arshami J., Golian A., Maleki M., 2012. J.Appl.Poult.Res., (21), 293-304.

**Tableau 1 :** Compositions des régimes et caractéristiques nutritionnelles

Matières premières	Démarrage (vermicelle)		Croiss-finit. (granulés)		Caractéristiques nutritionnelles	Démarrage		Croiss-finit.	
	TEM	TT+	TEM	TT+		TEM	TT+	TEM	TT+
Maïs	15,0	15,0	15,2	43,9	EM kcal/kg*	2750	2750	2700	2715
Blé	40,0	40,0	31,0	17,0	Protéines analysées %	16,3	15,7	15,1	15,4
Triticale	19,4	20,1	20,2	5,6	MG %	2,0	2,0	2,5	3,0
Son de blé			11,0		Cellulose Brute %	5,1	5,2	6,1	6,9
T Soja	2,8	2,5			Lysine %	0,90	0,90	0,83	0,83
T Colza	9,6	4,1	1,6		Méthionine %	0,48	0,48	0,47	0,47
T Tournesol HP	10,0	15,0	15,0	25,0	Méthionine+ Cystine %	0,88	0,87	0,83	0,83
Issu de colza			3,0	5,0	Thréonine %	0,60	0,58	0,55	0,58
CaCO3	1,3	1,3	1,3	1,4	*données estimées				
P Bicalcique	0,7	0,7	0,3	0,7					
Chlorure sodium	0,3	0,3	0,3	0,3					
Bicarbonate Soude	0,2	0,2	0,2	0,2					
Prémix et prémélange d'additifs	0,9	0,9	1,0	0,9					

**Tableau 2 :** Caractéristiques nutritionnelles du tourteau de tournesol Hipro utilisé dans les formules

Tourteau de soja HP	%
Humidité	10,5
Protéines brutes	36,0
Matière grasse brute	1,5
Cellulose brute	18,0

des canards nourris avec davantage de TT en période d'élevage.

### 3. CONCLUSION

Les résultats obtenus pour cet essai ont confirmé les études menées chez le canard mulard et ont suggéré que le tourteau de tournesol décortiqué type Hipro peut être incorporé en proportion supérieure dans les formules alimentaires des canards PAG sans effet négatif sur les performances zootechniques en élevage et sur les performances de gavage. Il constitue donc une alternative intéressante au tourteau de soja et ce notamment en Europe où le tournesol est bien cultivé.

**Tableau 3 : Performances zootechniques avant la mise en gavage à 80 jours**

	TÉMOIN	TT+	TEST	p-value
<b>Mortalité (%)</b>	1,35	1,10	-	-
<b>Poids moyen à 28j (g)*</b>	1566 (±61)	1581 (±41)	-	-
<b>Poids moyen à 56j (g)*</b>	3611 (±92)	3707 (±62)	-	-
<b>Poids moyen à 80j (g)**</b>	3839 <sup>a</sup> (±134)	3950 <sup>b</sup> (±110)	Student	<0,001
<b>Consommation cumulée moyenne (kg/canard)***</b>	14,815 (±0,178)	14,761 (±0,154)	-	-
<b>Indice de consommation moyen***</b>	3,85 (±0,04)	3,74 (±0,08)	-	-

\*Moyenne et écart-type des 4 cases par traitement : poids moyen d'un échantillon de 50 canards par case

\*\*Moyenne et écart-type des poids moyens de l'ensemble des animaux par traitement (pesée par groupe de ≈10 canards)

\*\*\*Moyenne et écart-type des résultats des 4 cases par traitement

**Tableau 4. Résultats à l'abattage : moyennes et écart-types des pesées individuelles des foies et des magrets par gaveur et par traitement**

	Poids de magrets			Poids de foies		
	TÉMOIN Moyenne	TT+ Moyenne	Effet traitement p-value	TÉMOIN Moyenne	TT+ Moyenne	Effet traitement p-value
<b>GAVEUR 1</b>	421±32	428±34	0,176	541±84	552±92	5,605.10 <sup>-9</sup>
<b>GAVEUR 2</b>	404±28	405±29		481±89	495±90	
<b>GAVEUR 3</b>	410±36	408±30		532±93	541±91	
<b>Effet gaveur p-value</b>	1,016.10 <sup>-6</sup>		Pas d'interaction	2,2.10 <sup>-16</sup>		Pas d'interaction



## ÉVALUATION DE LA FENÊTRE OPTIMALE D'APPLICATION D'UNE RESTRICTION MINÉRALE CHEZ LE POULET EN CROISSANCE

**Valable Anne-Sophie<sup>1,2</sup>, Létourneau-Montminy Marie-Pierre<sup>2</sup>, Nathalie Mème<sup>1</sup>, Klein  
Stéphanie<sup>3</sup>, Page Greg<sup>4</sup>, Nasir Zahid<sup>4</sup>, Duclos Michel J.<sup>1</sup>, Narcy Agnès<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>INRA – UR83 Recherches Avicoles - Domaine de l'Orfraise - 37380 NOUZILLY, (France)

<sup>2</sup>UNIVERSITE LAVAL -Département de Sciences Animales – 2425 rue de l'Agriculture – GIV  
0A6 QUEBEC (Canada)

<sup>3</sup>MIXSCIENCE – Centre d'Affaires, Cicé Bossac – BP CS 17228 – 35127 BRUZ (France)

<sup>4</sup>TROUW NUTRITION – 150 Research Lane, Suite 200 – N1G4T2 GUELPH (Canada)

[agnes.narcy@inra.fr](mailto:agnes.narcy@inra.fr)

### RÉSUMÉ

Le poulet peut s'adapter à une restriction minérale dans les premiers jours de vie en améliorant son efficacité d'utilisation du phosphore (P). L'objectif de cette étude était de confirmer et mieux comprendre les mécanismes sous-jacents de cette capacité d'adaptation et d'identifier la fenêtre optimale d'application de la restriction (déplétion). Différentes séquences alimentaires constituées de périodes successives de restriction en P et calcium (Ca) et de récupération (réplétion) ont ainsi été testées. Un total de 2400 poulets Cobb 500 mâles ont été utilisés. Sur chaque phase (P1 : 0-4 J, P2 : 5-8 J, P3 : 9-18 J), les animaux ont reçu un aliment contrôle (C) ou un aliment restreint (R) avec des teneurs réduites en P et Ca (P1 et P2 : -30% et P3 : -15% par rapport à C). Cinq séquences alimentaires ont été étudiées : CCC, RRC, RCC, CRC et RCR. A la fin de chaque phase, la force à la rupture (FR), le poids et la teneur en cendres et les teneurs en P et Ca du tibia de 12 animaux par traitement ont été évalués. A J 8 et J 18, la digestibilité iléale du P et Ca a été mesurée. Les moyennes des traitements ont été comparées avec le test de Tukey. Les programmes alimentaires n'ont pas eu d'effet significatif sur les performances de croissance jusqu'à 18 jours ( $P > 0,05$ ). A J 4, une réduction des teneurs en P et Ca dans l'aliment a dégradé le taux de cendres des tibias (par rapport à C, -5.85%,  $P = 0,01$ ). A J 8, la FR et le poids de cendres ont diminué chez les animaux ayant reçu l'aliment R entre J 4 et J 8 ( $P = 0,02$  et  $P < 0,001$ ), malgré une meilleure digestibilité iléale du P et du Ca ( $P < 0,01$ ). Par rapport au régime CC, les régimes CR et RR sont associés à des teneurs en P et Ca dans les cendres tibiales plus basses (respectivement -0,35%,  $P = 0,05$  et -0,65%,  $P = 0,04$ ). A J 18, les critères osseux mesurés étaient similaires entre tous groupes expérimentaux, suggérant un phénomène de compensation entre J 8 et J 18 lié à une digestibilité iléale du Ca supérieure avec RCR par rapport à CRC et RCC ( $P = 0,05$ ). Aucun effet n'a été observé à J 18 sur la digestibilité iléale du P. Quelle que soit la période et la durée de la restriction initiale entre 0 et 8 J, le retard de minéralisation des poulets est rattrapé à 18 J.

### ABSTRACT

#### **Evaluation of the optimal application window for mineral restriction in broilers.**

Broilers can adapt to mineral restriction during the very first days of life by improving phosphorus (P) utilization efficacy. The aim of this study was to confirm and identify the mechanisms underlying this adaptive capacity and to identify the optimal application window of this restriction (depletion). Several diet sequences formed by successive periods of restriction in P and calcium (Ca, depletion) and mineral recovery (repletion) were tested. A total of 2400 males Cobb 500 cockerels were used. On each phase (P1: d 0-4, P2: d 5-8, P3: d 9-18), animals received either a control diet (C) or a restricted diet (R) with reduced levels of P and Ca (P1 and P2: -30% and P3: -15%). Five dietary sequences were studied: CCC, RRC, RCC, CRC and RCR. At the end of each phase, the breaking strength (BS), the weight and ash content and the P and Ca contents of the tibia were measured. At d 8 and d 18, P and Ca ileal digestibility were measured. Treatments means were compared using Tukey's test. The feeding strategies did not significantly ( $P > 0.05$ ) affect growth performance up to 18 d. At d 4, decreasing dietary P and Ca impaired tibia ash percentage (compared to C, respectively, -5.85%,  $P = 0.01$ ). At d 8, tibia BS and ash weight decreased in birds fed with R diet between 5-8 d ( $P = 0.02$  and  $P < 0.001$ ) in spite of higher ileal digestibility for P and Ca ( $P < 0.01$ ). Compared to CC diet, CR and RR diets were associated with, respectively, lower P and Ca tibia ash content (-0.35%,  $P = 0.05$  and -0.65%,  $P = 0.04$ ). At d 18, the bone mineral criteria were similar between dietary groups, suggesting a compensatory effect taking place between d 9 and d 18 with improved ileal Ca digestibility for RCR diet compared to CRC and RCC ( $P = 0.05$ ). No effect was observed on P ileal digestibility at d 18. Whatever the early restriction period or length between 0-8 d, the mineralization delay was compensated by d 18.

## INTRODUCTION

Un apport de phosphore (P) adéquat est essentiel pour assurer le maintien des performances de croissance et du statut minéral osseux. Toutefois, les rejets de P peuvent engendrer des phénomènes d'eutrophisation et le P minéral est une ressource non-renouvelable et coûteuse. Il est donc important d'améliorer l'efficacité d'utilisation du P pour améliorer la durabilité de l'élevage. Une des stratégies repose sur l'application d'une restriction minérale précoce qui a pour effet d'améliorer l'efficacité d'utilisation de P sur le long-terme (Rousseau et al., 2016). Réduire les apports de P sur la phase croissance aura un impact limité sur les rejets et le coût de l'aliment. Toutefois, il apparaît que la fenêtre optimale pour augmenter l'efficacité d'utilisation du P, et pouvoir réduire les apports en finition sans impacts négatifs, correspondent aux premiers jours de vie (Yan et al., 2005).

Plusieurs auteurs comme Yan et al., 2005, ont observé qu'il était possible de diminuer la teneur en P des aliments en parallèle d'une diminution de la teneur en calcium (Ca) sans modifier les performances de croissance des animaux. Toutefois, cette modification des apports phosphocalciques peut engendrer une moindre minéralisation osseuse (Létourneau-Montminy et al., 2008). Des poulets ayant reçu des apports restreints de P et Ca (déplétion) dans les premiers jours de vie ont été capables d'améliorer significativement l'efficacité d'utilisation du P et du Ca et de compenser le déficit de minéralisation osseuse s'ils étaient alimentés au niveau des recommandations (INRA, 1989) par la suite (phase de réplétion ; Yan et al., 2005). Des effets à long terme sur l'expression de gènes codant pour des transporteurs de Ca et P ont été observés suite à une restriction appliquée pendant les 90 premières heures de vie (Angel & Ashwell, 2010). A l'inverse, aucun effet à long terme sur l'expression de ces gènes n'a été observé chez des animaux restreints en P et Ca de 10 à 21 J (Rousseau et al., 2016). La fenêtre optimale (moment et durée) d'application de la première déplétion reste donc à définir.

L'objectif de notre étude a été de tester différents itinéraires alimentaires avec des restrictions précoces en P et Ca comprises entre 0 et 8 J et de mesurer leurs impacts sur les performances de croissance, le statut minéral osseux et la digestibilité iléale de P et Ca. L'essai consistait en 5 phases alimentaires (0-4, 5-8, 9-18, 19-28, 29-33 J), mais seuls les résultats des trois premières phases sont présentés ici.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Design expérimental

Un total de 2400 Cobb 500 mâles ont été répartis aléatoirement dans 8 parquets de 50 animaux par traitement, sauf pour le traitement RRC qui comptait 16 parquets, compte tenu que ces oiseaux recevaient

deux traitements alimentaires différents après 18 jours. Les aliments couvraient l'ensemble des besoins nutritionnels des animaux sauf pour P et Ca (INRA, 1989). Sur chaque phase (P1 : 0-4 J, P2 : 5- 8 J, P3 : 9-18 J), les animaux ont reçu un aliment contrôle (C) ou un aliment restreint (R) avec des teneurs réduites en P et Ca en respectant un ratio Ca/phosphore non-phytique (PNP) de 2,2 (P1 et P2 : -30% et P3 : -15% par rapport à C; Tableau 1). Les aliments à base de maïs et tourteau de soja ont été distribués *ad libitum*. Les niveaux de Ca et PNP ont été ajustés par l'incorporation de phosphate bicalcique et de carbonate de Ca. La combinaison des aliments sur chaque phase a permis d'étudier 5 séquences alimentaires : CCC, RRC, RCC, CRC et RCR. Du dioxyde de titane a été ajouté à hauteur de 0,5% comme marqueur indigestible dans les aliments des phases 5-8 J et 9-18 J.

**Tableau 1.** Teneurs en Ca et PNP formulés et analysés dans les aliments.

Phase, jours		Formulés			Analysés	
		Ca, g/kg	PNP, g/kg	P dispo, g/kg	Ca, g/kg	PNP, g/kg
0-4 J	C	10,0	4,5	5,0	9,1	4,0
	R	7,7	3,5	4,1	7,9	3,5
5-8 J	C	9,2	4,2	4,7	10,1	4,2
	R	7,0	3,2	3,7	7,4	3,1
9-18 J	C	7,7	3,5	4,0	7,2	3,3
	R	6,6	3,0	3,5	6,5	2,9

### 1.2. Mesures réalisées

Les quantités d'aliment consommé ont été relevées à la fin de chaque phase. Les animaux ont été pesés par parquet à l'arrivée et individuellement à J 8 et J 18. A la fin de chaque phase, le tibia de 12 animaux par traitement a été prélevé pour estimer la force à la rupture (FR), le poids et la teneur en cendres et les teneurs en P et Ca. Le doigt du milieu a été excisé au niveau de la dernière phalange et a été utilisé pour des mesures de teneurs en cendres. A J 8 et J 18, les contenus de la partie distale de l'iléon ont été prélevés pour évaluer la digestibilité iléale apparente du P et Ca (DIA, %). Les analyses de P et Ca ont été réalisées par spectrométrie à plasma à couplage inductif (ICP OES Thermoscientific<sup>TM</sup> iCAP<sup>TM</sup> 7200; P : 213,618 nm et Ca : 317,933 nm).

### 1.3. Analyses statistiques

La consommation moyenne journalière (CMJ) a été calculée sur chaque phase. Le gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation (IC) ont été calculés sur les périodes 0-8 J et 9-18 J. Pour les phases 5-8 J et 9-18 J, le dépôt de cendres a été défini comme la différence entre le poids de cendres de l'animal en fin de phase et le poids de cendres moyen à la fin de la phase précédente des animaux ayant reçu le même régime. L'efficacité de rétention pour le Ca et le PNP a été calculée pour le poids de cendres et le dépôt de cendres. Elle a été définie comme le ratio

entre le critère osseux et la quantité réelle de Ca ou PNP consommée sur la phase (g/g). Une analyse de variance a été réalisée via la procédure MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) pour tester l'effet des séquences alimentaires. Lorsque l'effet était significatif ( $P < 0,05$ ), les moyennes des traitements ont été comparées par un test de Tukey.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Effet d'une restriction précoce sur les performances

Les analyses de P et Ca dans les aliments étaient en accord avec les valeurs attendues.

Les itinéraires alimentaires n'ont pas affecté la consommation sur les phases 0-4 J, 5-8 J et 9-18 J et le gain de poids et l'IC de 0 à 8 J et de 9 à 18 J (Tableaux 2, 3 et 4). Faridi et al. (2015) ont observé dans une méta-analyse que la distribution d'un aliment à 0,60% de Ca et 0,30% de PNP durant les 21 premiers jours de vie ne diminuait pas les performances de croissance. Les niveaux actuellement recommandés (INRA, 1989) seraient donc supérieurs aux besoins de l'animal pour la croissance comme suggéré par Létourneau-Montminy et al. (2010).

Parmi les critères osseux, seule la teneur en cendres était affectée par les régimes à J 4 (Tableau 2). Les animaux recevant l'aliment bas en P et Ca avaient une teneur en cendres plus faible que les animaux avec l'aliment C ( $P = 0,01$ ). De même, la teneur en cendres du doigt diminuait chez des animaux recevant un aliment à 0,59% de Ca et 0,25% de P disponible au cours des 90 premières heures de vie (Angel & Ashwell, 2010). A J 8, les animaux recevant CR et RR ont eu une force à la rupture des tibias plus faible que les animaux contrôles (-13%,  $P = 0,02$ ; Tableau 3). Quel que soit le régime reçu de 0 à 4 J, la baisse des apports en P et Ca de 5 à 8 J a diminué le poids de cendres à J 8 et le dépôt de cendres de 5 à 8 J (-9%,  $P = 0,05$ ; -14%, respectivement  $P = 0,05$ ) sans affecter la teneur en cendres. A J 8, les traitements n'ont pas eu d'effet sur le ratio Ca/P dans les cendres tibiales, lequel était de 1,90. Par rapport au régime CC, le régime RR était associé à des teneurs en Ca dans les cendres tibiales plus faibles (-2%,  $P = 0,05$ ) alors que le régime CR était lié à des teneurs en P dans les cendres tibiales plus basses (-2%,  $P = 0,04$ ). Il semble donc que les apports de P et Ca étaient trop bas par rapport aux besoins de l'animal pour la minéralisation. Par méta-analyse, il a été observé que les besoins de PNP étaient supérieurs à 4,0 g/kg pour maximiser la teneur en cendres dans le tibia lorsque le Ca était à 7,0 g/kg avec 50 µg/kg de vitamine D<sub>3</sub> jusqu'à 21 J (Faridi et al., 2015). Les niveaux de vitamine D<sub>3</sub> dans nos aliments étaient de 107 µg/kg. La minéralisation n'était pas affectée par la longueur de la restriction (4 J : CR ou 8 J : RR).

A J 8, le statut minéral osseux des animaux recevant R de 0-4 J et réplétés (C) de 5 à 8 J a été similaire à celui des animaux CC quel que soit le critère osseux

choisi. De même, quel que soit le régime reçu sur les phases précédentes, tous les animaux réplétés (C) de 9 à 18 J ont rattrapé leur retard de minéralisation à J 18 par rapport aux animaux de l'itinéraire contrôle (CCC). Les niveaux de P et Ca apportés par l'aliment C ont été nécessaires pour leur permettre une minéralisation au niveau des témoins. Le moment de cette phase de réplétion (5-8 J ou 9-18 J) n'a pas influencé le résultat.

### 2.2. Effet de la baisse de P et Ca sur leur efficacité d'utilisation

Bien qu'ayant un statut minéral osseux dégradé par rapport aux animaux contrôles, les animaux recevant l'aliment R étaient plus efficaces à déposer au niveau osseux le P et/ou le Ca selon les phases. Pour un ingéré en P ou Ca équivalent, leur dépôt de cendres à J 4 par g de Ca ou PNP ingéré étaient supérieurs (respectivement, +17% et +15%,  $P = 0,01$ ; Tableau 2). De même, les régimes CR et RR ont amélioré les efficacités de rétention de poids de cendres pour PNP et Ca de 5 à 8 J en comparaison aux régimes CC et RC ( $P < 0,001$  et  $P < 0,001$ ; Tableau 3). La distribution de l'aliment R de 5 à 8 J quel que soit le régime reçu de 0 à 4 J (CR et RR) a entraîné une meilleure efficacité de rétention au regard du dépôt de cendres pour PNP et Ca ( $P = 0,004$  et  $P = 0,01$ ). Le régime RR était supérieur à RC sur l'efficacité de rétention pour PNP ( $P = 0,004$ ). Quel que soit le régime de 0 à 4 J, la distribution des aliments R de 5 à 8 J a amélioré la DIA de Ca et de P à J 8 (CC vs RR, +19% et +17%,  $P < 0,001$ ; Tableau 3). A J 18, quel que soit le moment de la restriction initiale (0-4 J, 5-8 J ou 0-8 J), les animaux RCC, CRC et RRC ont la même DIA du P et Ca que les animaux contrôles (Tableau 4). La distribution de l'aliment R a entraîné une adaptation chez les animaux. Ils ont augmenté leur efficacité d'utilisation du P et Ca au niveau digestif et osseux comme l'ont observé Angel & Ashwell (2010). L'augmentation de l'efficacité d'utilisation des minéraux passe par une augmentation de l'expression des transporteurs au P et Ca au niveau intestinal et rénal ainsi que par une modulation du métabolisme osseux, régulées en partie par la vitamine D<sub>3</sub> (Proszkowiec-Weglarz & Angel, 2013). Cette adaptation semble limitée aux périodes où les animaux ont reçu l'aliment R dans notre expérimentation. A l'inverse, l'absorption de P augmentait chez des animaux déplétés de 22 à 38 J dès lors qu'ils avaient déjà reçus un aliment restreint sur les 90 premières heures de vie (Angel & Ashwell, 2010). Toutefois, dans l'expérimentation d'Angel & Ashwell (2010), l'aliment sur la première restriction avait des teneurs plus basses en P et Ca que notre aliment R (0,59% Ca et 0,25% P disponible contre 0,77% Ca et 0,35% PNP).

### 2.3. Effet d'une deuxième restriction (9-18 J)

Une deuxième déplétion entre 9 à 18 J n'a pas affecté négativement les réponses des animaux qui avaient

reçu l'aliment R de 0 à 4 J. En effet, les individus RCR n'ont pas eu un statut minéral osseux dégradé malgré un aliment R reçu de 9 à 18 J en comparaison aux animaux contrôles (CCC; Tableau 4). D'une part, ces animaux avaient un statut minéral osseux similaire à CCC dès J 8 (cf : CC vs RC; Tableau 3). D'autre part, les besoins en P et Ca diminuant avec l'âge des animaux, une baisse des apports entre 9 et 18 J serait moins sévère. Enfin, les animaux recevant RCR ont été plus efficaces à utiliser le Ca ingéré. Le régime RCR a amélioré la DIA du Ca à J 18 en comparaison aux régimes CCC, CRC et RCC (CCC vs RCR, +19%,  $P = 0,03$ ; Tableau 4). Le régime RCR avait tendance à améliorer les efficacités de rétention de Ca pour le poids de cendres et de PNP pour le dépôt de cendres ( $P = 0,08$  et  $P = 0,06$ ). D'après ces critères, il semblerait que le Ca ait été davantage limitant que le PNP dans l'aliment R sur la phase 9-18 J. Les animaux recevant CCC et RCR avaient une efficacité de rétention de PNP pour le poids de cendres plus élevée en comparaison aux autres régimes ( $P = 0,01$ ). Des animaux restreints de 1 à 18 J avaient également une meilleure efficacité de rétention minérale du P et du Ca au cours d'une deuxième restriction entre 18 J à 32 J par rapport à des animaux nourris aux besoins sur la première phase (Yan et al., 2005). Il serait alors possible d'avoir une deuxième période de restriction et de stimuler l'efficacité d'utilisation sur les phases

croissance et finition, où les animaux consomment le plus d'aliment. Il est à noter que le témoin de cette étude comporte des niveaux très élevés de minéraux de moins en moins pratiqués sur le terrain. Les résultats obtenus avec le RCR montrent que la réduction des apports de Ca et dans une moindre mesure de ceux de P pratiquée sur le terrain est une stratégie intéressante pour diminuer les apports de P sans modifier les performances au moins jusqu'à 18 J.

## CONCLUSION

Une carence sur les 4 et ou 8 premiers jours engendre des diminutions de minéralisation osseuse et le poulet réagit en augmentant son efficacité de dépôt de P et Ca. Il est ainsi à même de rattraper le déficit osseux, et ce, même s'il reçoit 30% des apports publiés. L'application de cette adaptation nécessite d'établir finement le degré et la durée de la restriction surtout considérant que notre régime restreint est proche de ceux appliqués sur le terrain. Néanmoins, cette étude montre que le conditionnement des oiseaux pour optimiser leur efficacité d'utilisation fait partie des stratégies de baisse de P pour augmenter la durabilité de la production.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Angel R., Ashwell C., 2010. *Revist. Bras. Zootech.*, (39), 268-278.
- Faridi A., Gitoe, A., France J., 2015. *Poult. Sci.*, (94), 2753-2762.
- INRA, 1989. *L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles*. 2<sup>nd</sup> édition.
- Létourneau-Montminy M. P., Lescoat P., Narcy A., Sauvant D., Bernier J.F., Magnin M., Pomar C., Nys Y., Jondreville C., 2008. *Brit. Poult. Sci.*, (49), 705-715.
- Létourneau-Montminy M. P., Narcy A., Lescoat P., Bernier J.F., Magnin M., Pomar C., Nys Y., Sauvant D., Jondreville C., 2010. *Animal*, (4), 1844-1853.
- Proszkowiec-Weglarz M., Angel R., 2013. *J. Appl. Poult. Res.*, (22), 609-627.
- Rousseau X., Valable A.S., Létourneau-Montminy M. P., Mème N., Godet E., Magnin M., Nys Y., Duclos M.J., Narcy A., 2016. *Poult. Sci.*, (0) 1-12.
- Yan F., Angel R., Ashwell C., Mitchell A., Christman M., 2005. *Poult. Sci.*, (84), 1231-1241.

**Tableau 2.** Effet des différents régimes sur les performances de croissance et le statut minéral osseux de 0-4 J.

	C	R	SEM	P-values
CMJ, g/j	17,34	17,35	0,13	0,94
Force à la rupture, N	14,56	15,26	0,41	0,84
Poids de cendres, g	0,075	0,074	0,002	0,86
Teneur en cendres, %	32,33a	30,44b	0,39	0,01
Ca Tibia, %	32,33	30,44	1,51	0,86
P Tibia, %	16,28	16,04	0,70	0,10
PC/Ca consommé, g/g	0,12b	0,14a	0,003	0,01
PC/PNP consommé, g/g	0,27b	0,31a	0,004	0,01

CMJ = Consommation Moyenne Journalière, Ca ou P Tibia = Teneurs en Ca ou P dans les cendres tibiales, PC/Ca ou PNP consommé = Ratio entre le poids de cendres et la quantité réelle de Ca ou PNP consommée de 0 à 4 J ; Les valeurs portant des lettres sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

**Tableau 3.** Effet des différents régimes sur les performances de croissance et le statut minéral osseux de 5-8 J.

	CC	CR	RC	RR	SEM	P-values
CMJ 4-8J, g/j	35,94	35,98	35,62	35,72	0,24	0,57
CMJ 0-8J, g/j	26,50	26,54	26,43	26,42	0,19	0,92
GMQ 0-8J, g/j	22,78	22,83	22,68	22,65	0,16	0,75
IC 0-8J	1,19	1,16	1,17	1,18	0,01	0,06
DIA Ca, %	22,72b	46,78a	22,07b	49,64a	1,69	<0,001
DIA P, %	48,34b	55,68a	47,16b	56,57a	1,08	<0,001
Force à la rupture, N	34,05a	29,52b	33,43ab	29,50b	0,68	0,02
Poids de cendres, g	0,22a	0,20b	0,22a	0,20b	0,003	0,05
Teneur en cendres, %	12,36	10,92	12,24	10,72	0,31	0,13
Dépôt de cendres, g	0,14a	0,12b	0,14a	0,12b	0,003	0,05
Ca Tibia, %	33,17a	32,62ab	32,86ab	32,52b	0,89	0,04
P Tibia, %	17,51a	17,16b	17,37ab	17,19ab	0,52	0,05
PC/Ca consommé, g/g	0,15b	0,19a	0,15b	0,19a	0,004	<0,001
PC/PNP consommé, g/g	0,36b	0,45a	0,36b	0,45a	0,01	<0,001
DC/Ca consommé, g/g	0,097b	0,115a	0,098ab	0,116a	0,003	0,01
DC/PNP consommé, g/g	0,232c	0,278ab	0,236bc	0,280a	0,007	0,004

CMJ = Consommation Moyenne Journalière, GMQ = Gain Moyen Quotidien, IC = Indice de Consommation, DIA Ca ou P = Digestibilité Iléale Apparente de Ca ou P, Ca ou P Tibia = Teneurs en Ca ou P dans les cendres tibiales, PC ou DC/Ca ou PNP consommé = Ratio entre le poids de cendres ou dépôt de cendres et la quantité réelle de Ca ou PNP consommée de 5 à 8 J ; Les valeurs portant des lettres sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

**Tableau 4.** Effet des différents régimes sur les performances de croissance et le statut minéral osseux de 9-18 J.

	CCC	CRC	RCC	RCR	RRC	SEM	P-values
CMJ, g/j	86,50	86,23	87,35	86,75	86,50	0,65	0,78
GMQ, g/j	63,63	62,85	63,90	63,33	63,37	0,38	0,38
IC	1,38	1,38	1,37	1,39	1,37	0,01	0,22
DIA Ca, %	35,05b	34,77b	34,81b	41,65a	37,36ab	1,83	0,03
DIA P, %	51,62	51,75	50,49	52,36	53,81	1,31	0,72
Force à la rupture, N	129,08	128,14	136,32	134,30	141,47	2,47	0,43
Poids de cendres, g	1,00	1,03	0,98	0,97	0,98	0,01	0,60
Teneur en cendres, %	40,29	40,40	40,45	40,96	40,10	0,14	0,49
Dépôt de cendres, g	0,79	0,83	0,76	0,75	0,78	0,01	0,38
Ca Tibia, %	33,41	33,04	33,24	35,20	33,47	2,53	0,20
P Tibia, %	17,06	16,56	16,83	17,75	16,78	1,52	0,15
PC/Ca consommé, g/g	0,404	0,415	0,386	0,433	0,393	0,006	0,08
PC/PNP consommé, g/g	0,873a	0,898b	0,835b	0,975a	0,850b	0,013	0,01
DC/Ca consommé, g/g	0,31	0,34	0,30	0,34	0,31	0,01	0,20
DC/PNP consommé, g/g	0,69	0,73	0,65	0,76	0,68	0,01	0,06

CMJ = Consommation Moyenne Journalière, GMQ = Gain Moyen Quotidien, IC = Indice de Consommation, DIA Ca ou P = Digestibilité Iléale Apparente de Ca ou P, Ca ou P Tibia = Teneurs en Ca ou P dans les cendres tibiales, PC ou DC/Ca ou PNP consommé = Ratio entre le poids de cendres ou dépôt de cendres et la quantité réelle de Ca ou PNP consommée de 9 à 18 J ; Les valeurs portant des lettres sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )

## ÉVALUATION *IN VIVO* ET *IN VITRO* DE DEUX SOURCES DE CUIVRE POUR POULETS DE CHAIR

Hamdi Manel<sup>1</sup>, Solà-Oriol David<sup>1</sup>, Franco-Rosselló Rosa<sup>1</sup>, Durosoy Stéphane<sup>2</sup>, Roméo Agathe<sup>2</sup> and Perez José Francisco<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Service de Nutrition et Bien-être Animal (SNiBA) - Université Autonome de Barcelone - 08193 BELLATERRA, Espagne*

<sup>2</sup>*ANIMINE – 74330 SILLINGY, France*  
[aromeo@animine.eu](mailto:aromeo@animine.eu)

### RÉSUMÉ

Hors Europe, le cuivre (Cu) peut être utilisé à haute dose (entre 125 et 250 ppm) pour améliorer la santé et les performances des volailles, mais s'ils sont mal maîtrisés, ces dosages élevés peuvent détériorer la croissance des animaux et amplifier les interactions avec d'autres nutriments. Dans l'Union Européenne, plusieurs sources de cuivre sont autorisées à niveau nutritionnel dans les aliments pour volailles, mais elles ne sont pas toutes aussi efficaces. Notre étude comparait un sulfate de cuivre (CuSO<sub>4</sub>) et un oxyde de cuivre (I) (Cu<sub>2</sub>O, CoRouge®) à trois niveaux d'inclusion (15, 150, 300 ppm) ; 576 poulets mâles ont été répartis dans 48 cages (8 cages x 6 traitements), par groupes de 12. Au terme de l'essai, un poulet par cage a été euthanasié, pour mesurer la concentration de cuivre dans différents tissus. Une étude *in vitro* a également été conduite pour évaluer l'impact de la source de cuivre et de son dosage sur sa solubilité et l'hydrolyse du phosphore phytique (PP), à différents pH (2,5 ; 4,5 ; 6,5). Les résultats *in vivo* étaient équivalents pour les deux sources, excepté à 300 ppm : CuSO<sub>4</sub> diminuait significativement ( $P < 0,01$ ) le poids vif des animaux, dégradait ( $P < 0,01$ ) l'indice de consommation et augmentait ( $P < 0,05$ ) le taux de cuivre dans le foie, comparé à Cu<sub>2</sub>O. *In vitro*, la solubilité de Cu<sub>2</sub>O diminuait quand le pH et la dose augmentaient. Avec 300 ppm de Cu<sub>2</sub>O, la solubilité du PP était moins réduite qu'avec 300 ppm de CuSO<sub>4</sub> (97,4% vs. 68,7%). Augmenter la dose de cuivre avec les deux sources réduisait l'hydrolyse du PP à pH 4,5 et 6,5. En conclusion, l'oxyde de cuivre (I) peut être utilisé pour répondre aux besoins du poulet à niveau nutritionnel, et limiter les problèmes rencontrés à haute dose.

### ABSTRACT

#### *In vivo and in vitro assessment of two copper sources for broilers*

Copper supplementation (125 to 250 mg Cu/kg) in poultry diets is a common practice in many non-EU countries to enhance bird health, but high doses of Cu may affect animal performance and interact with other nutrients. However, these effects could directly depend on the Cu source. The objective of the trial was to compare effects of copper sulphate (CuSO<sub>4</sub>) and dicopper oxide (Cu<sub>2</sub>O, CoRouge®) at 3 levels in the diets (15, 150, 300 ppm). A total of 576 one-day male broilers were randomly distributed into 6 groups (8 pens per treatment, 12 birds per pen). On d35, 1 bird per pen was euthanized, skin fat and breast muscle were sampled, and liver and kidney were collected and weighted for Cu determination. Cu sources were also evaluated *in vitro* to measure Cu solubility and PP (phytic phosphorus) hydrolysis by phytase at pH 2.5, 4.5 and 6.5. The use of 300 ppm Cu from CuSO<sub>4</sub> decreased ( $P < 0.01$ ) BW and increased ( $P < 0.05$ ) liver Cu content in comparison with the use of 300 ppm Cu from Cu<sub>2</sub>O. Feed conversion ratio increased ( $P < 0.01$ ) for chicken fed with 300 ppm Cu from CuSO<sub>4</sub> in comparison to those fed with 300 ppm Cu from Cu<sub>2</sub>O. Solubility of Cu from Cu<sub>2</sub>O decreased when the pH and the Cu level increased. Including a level of 300 ppm Cu from CuSO<sub>4</sub> reduced PP solubility (68.7%) in comparison to Cu<sub>2</sub>O (97.4%). Increasing the levels of Cu with both sources reduced PP hydrolysis by phytase at pH=4.5 and 6.5. It can be concluded that dietary levels of 150 and 300 ppm Cu from Cu<sub>2</sub>O do not induce negative effects on broiler growth and health in comparison to CuSO<sub>4</sub>.

## INTRODUCTION

Impliqué dans de nombreuses réactions enzymatiques et dans d'autres processus biologiques, y compris le bon fonctionnement du système cardiovasculaire (Jegade et al., 2011), le cuivre est un oligo-élément essentiel pour la volaille. Comme la concentration de cuivre des matières premières végétales peut être faible, cet élément est souvent ajouté aux aliments des poulets, en général sous forme sulfate.

Selon la réglementation de l'Union Européenne, il ne doit pas dépasser la concentration de 25 mg/kg dans les aliments pour volailles, mais hors Europe, comme aux Etats-Unis, il peut excéder 125 mg/kg ; en effet, à haute dose, le cuivre est un promoteur de croissance (Arias et Koutsos, 2006). Néanmoins, au-delà de 250 mg/kg, le cuivre peut au contraire limiter la croissance des animaux, et amplifier les interactions avec d'autres minéraux (Karimi et al., 2011).

Notre étude visait à comparer deux sources de cuivre, un sulfate ( $\text{CuSO}_4$ ) et un oxyde de dicuivre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) à trois niveaux d'inclusion : 15, 150 et 300 ppm. Les animaux ont été suivis jusqu'à l'âge de l'abattage, 35 jours, puis des études *in vitro* ont été menées pour déterminer l'effet des deux sources de cuivre sur la libération du phosphore phytique par la phytase : on sait en effet qu'une dose élevée de cuivre peut former des complexes insolubles avec le phytate dans le milieu intestinal, et que ces complexes peuvent être résistants à l'action enzymatique des phytases (Persson et al., 1998), diminuant de ce fait le relargage d'autres éléments, comme le phosphore.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et aliments expérimentaux

L'étude a été menée sur 576 poulets mâles (Ross 308), répartis dans 48 cages (12 poulets par cage, avec 0,09 m<sup>2</sup> par poulet) en fonction de leur poids. L'essai a duré 35 jours, de l'éclosion à l'abattage.

Les animaux ont consommé *ad libitum* trois aliments (démarrage, croissance, finition) à base de maïs, de blé et de tourteaux de soja (PB 21% et EM 3000 kcal/kg au démarrage ; PB 21% et EM 3100 kcal/kg en croissance, puis PB 20% et EM 3100 kcal/kg en finition). Les teneurs en cuivre ont été mesurées pour obtenir 15 (niveau nutritionnel en Europe), 150 (dose utilisée pour promouvoir la croissance hors Europe) et 300 mg/kg de cuivre supplémenté dans les aliments complets, en utilisant deux sources différentes : un sulfate de cuivre ( $\text{CuSO}_4$ ) et un oxyde de cuivre (I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ , CoRouge®).

**Tableau 1.** Liste des traitements expérimentaux

	Source utilisée	Cu ajouté
<b>T1</b>	Sulfate	15 ppm
<b>T2</b>	Sulfate	150 ppm
<b>T3</b>	Sulfate	300 ppm
<b>T4</b>	Oxyde (I)	15 ppm
<b>T5</b>	Oxyde (I)	150 ppm
<b>T6</b>	Oxyde (I)	300 ppm

Les autres nutriments étaient ajustés pour satisfaire les besoins des volailles, selon les recommandations nutritionnelles pour la souche Ross 308 : par exemple, 1,20% (démarrage), 1,12% (croissance) et 1,06% (finition) pour la lysine digestible, 0,44% (démarrage), 0,43% (croissance) et 0,40% (finition) pour la méthionine digestible.

### 1.2. Mesures de la phase *in vivo*

Les poulets ont été pesés au moment des transitions alimentaires et à la fin de l'essai, à 14 jours, à 28 jours et à 35 jours. Simultanément, la consommation d'aliment au sein de chaque cage a été mesurée.

A J35, un poulet par cage a été euthanasié, et plusieurs prélèvements ont été effectués : gras sous-cutané, filets, foie, reins, sang. La concentration de cuivre a été déterminée dans les tissus et les organes, avec la méthode ICP-OES. Un hémogramme a été réalisé avec l'échantillon de sang ; plusieurs biomarqueurs du cuivre, comme la teneur en céruloplasmine et la cuprémie, ont également été mesurés.

### 1.3. Analyses statistiques

Il s'agissait de pesées collectives, l'unité expérimentale pour les performances de croissance était une cage de 12 poulets. Les données ont été analysées par la méthode ANOVA, en utilisant la procédure GLM de SAS, puis par le test de Tukey, pour comparer les moyennes entre elles. Les facteurs évalués étaient la source de cuivre, le dosage et leurs interactions. Les différences étaient considérées significatives avec  $P < 0,05$ .

### 1.4. Étude complémentaire *in vitro*

La solubilité des deux sources de cuivre a été évaluée à une concentration de 0, 15, 150 et 300 mg/L dans 200 mM de solution tampon à base de glycine (pH 2,5) ou d'acétate de sodium (pH 4,5 et 6,5), afin de simuler l'évolution du pH dans le tractus gastro-intestinal, du plus acide (estomac) au plus neutre (partie proximale de l'intestin grêle). Chaque solution ainsi préparée a été mélangée à 20 ml de solution tampon avec ou sans phytate (2,9 mM) avant d'être incubée 1h à 41°C. Les concentrations de cuivre et de phosphore phytique (PP) soluble ont ensuite été mesurées par spectrométrie d'absorption atomique.

(AAS). Les valeurs obtenues pour le PP soluble étaient comparées avec le résultat mesuré en l'absence de cuivre, pour obtenir un pourcentage relatif.

L'effet des deux sources de cuivre sur l'hydrolyse du phosphore phytique (PP) par la 6-phytase a également été évalué, avec un protocole inspiré de l'étude de Pang et Applegate (2006). Des solutions contenant les différentes concentrations de cuivre (0, 15, 150 ou 300 mg/L de Cu) et 2,9 mM de phytate ont à nouveau été utilisées. Elles ont été mélangées à une solution préparée avec la phytase, de telle sorte que 0,1 ml correspondait à 500 FTU/kg (activité équivalente à celle mesurée de l'aliment de l'essai *in vivo*) une fois ajouté à 3 ml des solutions testées. Les solutions obtenues (à pH 2,5 ; 4,5 ou 6,5) ont été incubées 1h à 41°C. La réaction a ensuite été stoppée avec de l'ammonium molybdate metavanadate, et la quantité de PP libéré a été mesurée avec une méthode de dosage colorimétrique, à 410 nm, en utilisant le P inorganique comme standard.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Résultats *in vivo*

Dès la première pesée, à J14, les poulets ayant consommé 300 ppm de sulfate (T3) ont montré des résultats de croissance significativement inférieurs à ceux des autres groupes. Sur la période 0-35, ils ont obtenu en moyenne -9,4% pour le GMQ et +17,6% pour l'IC. Cette dégradation des performances n'a pas été observée avec l'oxyde à 300 ppm.

Le GMQ le plus élevé (70,6 g/j) et l'IC le plus bas (1,58) ont été obtenus avec le groupe nourri avec 150 ppm d'oxyde (T5). Sur le gain de poids, ce groupe présentait non seulement une différence significative avec le groupe T3, mais également avec le groupe qui a consommé 15 ppm d'oxyde (T4). Les deux sources de cuivre utilisées n'ont pas montré de différences significatives à doses équivalentes, à 15 et à 150 ppm.

La concentration de cuivre s'est révélée indépendante de la source, mais dépendante de la dose dans le rein, le foie, le gras sous-cutané et le sérum : elle augmentait avec le niveau de cuivre alimentaire. Les groupes nourris avec 300 ppm de cuivre présentaient les résultats les plus élevés ; les différences avec les autres groupes étaient significatives pour le rein et le foie.

Une interaction source x dose a été observée pour la concentration en cuivre du foie. Une forte augmentation de la teneur en cuivre a en effet été mesurée dans le foie des animaux du groupe T3. Le niveau de cuivre hépatique a augmenté avec la dose pour les deux sources, mais la différence était

uniquement numérique à 300 ppm pour l'oxyde, alors qu'elle devenait significative pour le sulfate.

Concernant les paramètres sanguins, aucune différence significative n'a été relevée.

### 2.2. Résultats *in vitro*

Les solubilités des deux sources de cuivre étaient similaires, indépendamment de la dose et de la présence de phytate, à pH 2,5. Quand le pH et la dose augmentaient, la solubilité de l'oxyde diminuait, avec ou sans phytate. Concernant le sulfate, sa solubilité n'a pas été impactée par l'augmentation du pH ou de la dose sans phytate ; en présence de phytate, elle diminuait quand le pH et la dose augmentaient. La quantité de PP solubilisé diminuait quand le pH et la dose de CuSO<sub>4</sub> augmentaient (68,7% à pH 6,5 et 300 ppm), alors qu'elle était très peu affectée par Cu<sub>2</sub>O (97,4% à 300 ppm et pH 6,5).

Le pourcentage de PP relargué, comparé à la quantité relarguée en l'absence de cuivre, traduisait l'activité de la phytase. Il était indépendant de la dose et de la source à pH 2,5. Une diminution était observée à pH 4,5 et 6,5 quand la dose de cuivre augmentait ; cette diminution était globalement plus prononcée avec le sulfate : à pH 4,5 par exemple, -12,4% à 150 mg/L et -11,6% à 300 mg/L comparés aux résultats de l'oxyde de cuivre (I).

### 2.3. Discussion

Actuellement, le cuivre ajouté aux aliments pour volailles correspond souvent à la forme sulfate, mais d'autres sources existent sur le marché européen. Ces sources présentent différentes caractéristiques physico-chimiques et leurs biodisponibilités estimées sont très variables : comparées au sulfate, certaines approchent de 100%, alors que d'autres, comme l'oxyde de cuivre (II), ne dépassent pas 24% (EMFEMA, 2002).

Malgré une solubilité réduite en milieu acide, l'oxyde de cuivre (I) est estimé aussi biodisponible que le sulfate dans certains articles (Baker et al., 1991 ; Aoyagi et Baker, 1993), ce que notre étude confirme à niveau nutritionnel et à dose élevée. Cette source de cuivre ne présente pas d'effets négatifs sur la croissance des poulets ou sur le foie au-delà de 250 ppm, contrairement au sulfate, qui dégrade les performances, comme dans d'autres études antérieures (Karimi, 2011). Le ralentissement de la croissance et l'accumulation de cuivre dans le foie laissent penser à un début de toxicité. Il est également possible que le sulfate ait eu un effet négatif sur d'autres nutriments ; étant très soluble, il serait susceptible d'interagir avec eux dans le tractus gastrointestinal, comme avec la vitamine E (Lu et al., 2010).



Une interaction entre le phytate et le sulfate de cuivre a d'ailleurs été observée *in vitro*, alors que la solubilité de l'oxyde de cuivre (I) semblait indépendante de la présence ou de l'absence de phytate.

Il existe très peu d'études récentes sur l'oxyde de cuivre (I) et l'action des ions cuivreux  $\text{Cu}^+$  dans l'alimentation animale ; d'autres recherches sont nécessaires pour avoir une idée plus précise de ses caractéristiques, et de ses différences avec la forme sulfate.

## CONCLUSION

La source d'oxyde de cuivre (I) présente les mêmes effets que le sulfate de cuivre sur les performances des poulets, ainsi que sur l'accumulation du cuivre

dans les organes et les tissus à dose nutritionnelle ; les biodisponibilités de ces deux sources sont donc équivalentes.

En sus, à dose plus élevée, des différences ont été observées *in vivo* sur la croissance des poulets, et *in vitro* sur les interactions entre ces deux sources de cuivre et le phytate : alors que le sulfate semble interagir avec le phytate et diminuer l'action de la phytase sur la libération du PP, l'action de l'oxyde de cuivre (I) est réduite. L'oxyde de cuivre (I) est donc une source de cuivre efficace pour les poulets de chair, avec des propriétés physico-chimiques différentes de celles du sulfate, qui peuvent mener à des interactions différentes avec les autres composants de la ration.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

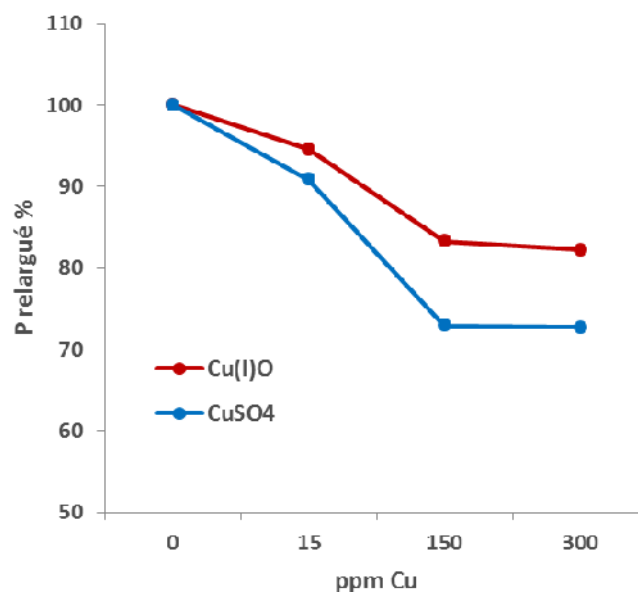
- Aoyagi S., Baker D. H., 1993, Poult. Sci., (72), 165-171  
 Arias V.J., Koutsos E. A., 2006, Poult. Sci., (85), 999-1007  
 Baker D.H., Odle J., Funk M. A., Wieland T. M., 1991, Poult. Sci., (70), 177-179  
 EMFEMA, Bioavailability of major and trace minerals, 2002  
 Jegede A. V., Oduguwa O. O., Bamgbose A. M., Fanimu A. O., Nollet L., 2011, Poult. Sci., (52), 133-139  
 Karimi A., Sadeghi Gh., Vaziry A., 2011, J. Appl. Poult. Res., (20), 203-209  
 Lu L., Wang R. L., Zhang Z. J., Steward F. A., Luo X., Liu B., 2010, Biol. Trace Elem. Res., (138), 181-189  
 Pang Y., Applegate T. J., 2006, J. Agric. Food Chem., (54), 1792-1796  
 Persson H., Turk M., Nyman M., Sandberg A. S., 1998, J. Agric. Food Chem., (46), 3194-3200

**Tableau 1.** Performances de croissance (0-35 jours)

Source	Cu (ppm)	Poids (g)			GMQ (g/j)			IC		
		d 14	d 28	d 35	d0-14	d14-28	d28-35	d0-14	d14-28	d28-35
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	<b>15</b>	481 <sup>a</sup>	1672 <sup>a</sup>	2444 <sup>ab</sup>	31,48 <sup>a</sup>	85,1 <sup>a</sup>	110,3 <sup>ab</sup>	1,37 <sup>b</sup>	1,55 <sup>b</sup>	1,86 <sup>b</sup>
	<b>150</b>	463 <sup>a</sup>	1634 <sup>a</sup>	2448 <sup>ab</sup>	30,16 <sup>a</sup>	83,7 <sup>a</sup>	116,2 <sup>a</sup>	1,41 <sup>ab</sup>	1,54 <sup>b</sup>	1,86 <sup>b</sup>
	<b>300</b>	429 <sup>b</sup>	1481 <sup>b</sup>	2221 <sup>c</sup>	27,72 <sup>b</sup>	75,1 <sup>b</sup>	105,7 <sup>b</sup>	1,53 <sup>a</sup>	1,87 <sup>a</sup>	2,19 <sup>a</sup>
<b>Cu<sub>2</sub>O</b>	<b>15</b>	458 <sup>a</sup>	1614 <sup>a</sup>	2361 <sup>b</sup>	29,38 <sup>a</sup>	82,1 <sup>a</sup>	106,7 <sup>ab</sup>	1,41 <sup>ab</sup>	1,60 <sup>b</sup>	2,03 <sup>ab</sup>
	<b>150</b>	481 <sup>a</sup>	1704 <sup>a</sup>	2512 <sup>a</sup>	31,44 <sup>a</sup>	87,3 <sup>a</sup>	115,4 <sup>ab</sup>	1,37 <sup>b</sup>	1,50 <sup>b</sup>	1,81 <sup>b</sup>
	<b>300</b>	464 <sup>a</sup>	1655 <sup>a</sup>	2463 <sup>ab</sup>	30,21 <sup>a</sup>	85,1 <sup>a</sup>	115,5 <sup>ab</sup>	1,42 <sup>ab</sup>	1,57 <sup>b</sup>	1,84 <sup>b</sup>
SEM		6,6	22,6	31,1	0,4	1,4	2,4	0,03	0,04	0,06
<i>P value</i>										
Source		<0,1	<0,01	<0,01	<0,1	<0,01	NS	NS	<0,01	NS
Dose		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05
Source* Dose		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,1	<0,01	<0,01

**Tableau 2.** Concentration en cuivre des organes et du sérum de poulets abattus à 35 jours

Source	Cu (ppm)	Sérum (mg/L)	Foie (µg/g)	Rein (µg/g)	Filet (µg/g)	Gras sous- cutané (µg/g)
<b>CuSO<sub>4</sub></b>	<b>15</b>	0,16	2,69 <sup>b</sup>	1,96	0,31	0,31
	<b>150</b>	0,14	3,41 <sup>b</sup>	2,06	0,40	0,48
	<b>300</b>	0,16	7,91 <sup>a</sup>	2,18	0,51	0,73
<b>Cu<sub>2</sub>O</b>	<b>15</b>	0,14	2,71 <sup>b</sup>	1,94	0,33	0,35
	<b>150</b>	0,15	2,97 <sup>b</sup>	1,90	0,34	0,21
	<b>300</b>	0,16	4,63 <sup>b</sup>	2,16	0,48	0,50
SEM		0,013	0,759	0,064	0,032	0,145
<i>P value</i>						
Source		NS	<0,05	NS	NS	NS
Dose		NS	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
Source*Dose		NS	<0,05	NS	NS	NS

**Figure 1.** Effet des sources et doses de cuivre sur l'activité de la phytase à pH 4,5

## EFFET DES CONDITIONS ALIMENTAIRES DE DÉMARRAGE (0-5 JOURS) SUR L'ÉVALUATION D'UNE PHYTASE MICROBIENNE

**Rousseau Xavière<sup>1</sup>, Narcy Agnès<sup>2</sup>, Ten Doeschate AHM Robert<sup>1</sup>, Gomes Gilson<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> AB VISTA, 3 Woodstock Court, Blenheim Road, Marlborough Business Park, SN8 4AN  
MARLBOROUGH, Angleterre,

<sup>2</sup> INRA, Recherches Avicoles, F-37380 NOUZILLY, France  
[xaviere.rousseau@abvista.com](mailto:xaviere.rousseau@abvista.com)

### RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet des conditions alimentaires de démarrage (CAD. 0 ou 5 jours sur un aliment optimal) sur la réponse au phosphore (P) et à la phytase de poulets de chair en termes de performances de croissance, minéralisation osseuse et digestibilité iléale. Un total de 144 poussins d'1 jour a été élevé en cages individuelles. Ils ont été répartis selon 12 traitements alimentaires respectant un dispositif factoriel avec 4 niveaux de P disponibles (0,45 ; 0,35 ; 0,25 et 0,15%) couplés à 2 conditions de démarrage (0 jour – CAD0 ou 5 jours soumis à l'aliment 0,45% de P disponible – CAD5). Deux niveaux de supplémentation en phytase (400 et 800 FTU Quantum® Blue /kg) ont été testés sur le régime le moins concentré en P (0,15%). Le ratio Ca:P disponible a été adapté (Calcium : 0,90, 0,80, 0,68, 0,57%). Les régimes étaient à base de maïs, blé et tourteau de soja, distribués *ad libitum* jusque 19 jours. Le gain de poids et l'ingéré ont été mesurés et l'indice de consommation calculé. À 19 jours, les tibias ont été excisés et le digesta de la partie distale de l'iléon prélevé. Le % cendres tibiales, le poids de cendre et la digestibilité iléale de P sont uniquement impactés par le niveau de P. La réponse au P est dépendante de la condition de démarrage (CAD\*P,  $p < 0,05$ ) pour le gain de poids, l'ingéré, l'IC et la résistance à la rupture entraînant, par conséquent, pour ces critères des valorisations de P attribuées à la phytase différentes. Pour ces critères, les animaux ayant reçu les traitements dès leur mise en place ont une réponse au P plus marquée entraînant une valorisation de la phytase moins importante que les animaux ayant reçu 5 jours d'aliment optimal (CAD5). Les équivalences P étaient de, respectivement pour 400 et 800 FTU/kg, 0,173 et 0,215% pour les CAD0 et 0,182 et 0,253% pour les CAD5. Pour conclure, une période de démarrage de 5 jours sur un régime optimal modifie la réponse de l'animal au P et augmente l'équivalence P de la phytase ainsi que l'amplitude de réponse entre les 2 doses.

### ABSTRACT

#### Effect of the starting feed conditions (0 or 5 days) on microbial phytase evaluation

The objective of the study was to evaluate if the starting feed conditions (SFC - 0 or 5 days on an optimal diet) affects the phosphorus (P) and phytase response in broiler chickens in terms of growth performance, bone mineralisation and ileal digestibility. A total of 144 day old chicks were placed in individual cages. They were distributed in 12 treatments following a 2 \* 6 factorial design, with 4 available P (0.45; 0.35; 0.25 et 0.15%) in corn/wheat soybean based diets and two phytase levels (400 and 800 FTU Quantum® Blue/kg) added to the lowest P diet (0.15%) were fed to birds either from day old (SFC0) or after five day on a 0.45% available P diet (SFC5). The ratio Ca:available P varied across available P levels with Calcium at 0.90, 0.80, 0.68, 0.57% respectively. Birds were fed *ad libitum* until 19 days of age. Body weight gain and feed intake were measured and feed conversion ration calculated. At 19 d, birds were euthanized and tibias were excised and digesta from the ileal distal part removed. Tibia ash %, tibia ash weight and ileal P digestibility were only affected by P level. Phosphorus response was dependant to the starting feed conditions (SFC\*P,  $p < 0.05$ ) for weight gain, feed intake, FCR and bone breaking strength dealing by consequence with different P phytase equivalencies. For those criteria, animals fed treatments from 0d had a more pronounced P response leading with a less important phytase valorisation than those fed with the optimal diet during the first 5 days (SFC5). The calculated P equivalencies were, respectively for 400 and 800 FTU/kg, 0.173 and 0.215% for the SFC0 and 0.182 and 0.253% for the SFC5. In conclusion, 5 days on an optimal feed modified the response to P and increased the P equivalency of the phytase and the differential between the 2 doses.

## INTRODUCTION

Faire correspondre les besoins des animaux aux nutriments fournis par l'aliment tout en respectant les contraintes fixées relatives au bien être ou à l'environnement, et ce, à moindre coût est le but ultime de tous fabricants d'aliment. Ceci nécessite de bien connaître les besoins des animaux mais aussi la valeur nutritionnelle des matières premières et additifs incorporés dans l'aliment. Les phytases sont les enzymes les plus intéressantes en termes de coût de formulation pour les monogastriques via la réduction de phosphate inorganique mais leur valeur reste dépendante de leurs interactions possibles avec de nombreux facteurs. Une surestimation des valeurs matricielles minérales (Calcium, **Ca** et Phosphore, **P**) entraînera des pertes de performances et potentiellement des problèmes en termes de bien-être mais une sous-estimation signifiera une perte d'opportunité. Des précautions s'imposent donc quant aux valeurs nutritionnelles qu'on leur attribue. Ainsi les méthodes de détermination ou les références utilisées doivent faire l'objet d'une attention particulière afin de s'assurer que les valeurs implémentées en formulation soit correctes quelle que soit l'enzyme concernée. Par conséquent, les conditions d'essai pour tester les enzymes doivent être maîtrisées pour être à même de leur attribuer une valeur fiable et pertinente, de déterminer des différences entre produits ou encore entre différentes doses. Bedford et al., 2015 ont recensés les différents modèles d'évaluation ainsi que les principaux facteurs affectant la réponse des phytases. Parmi eux, des facteurs liés à l'aliment, à la méthode et la physiologie des animaux. Notre étude avait pour objectif de déterminer si la distribution entre 0 et 5 jours d'âge d'un aliment formulé pour répondre à l'ensemble des besoins de l'animal a un effet sur la réponse au P et par conséquent sur les valeurs en P disponible qu'on attribue à une phytase.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Un total de 144 poussins (Cobb 500) de 1 j répartis en cages individuelles ont reçu soit un aliment optimal couvrant l'ensemble de leurs besoins nutritionnels (**D4**) pendant les 5 premiers jours puis les traitements expérimentaux ou les traitements expérimentaux dès le démarrage (**D1**, **D2**, **D3**, **D1+400**, **D1+800**) jusqu'à 19 jours.

Au total, 12 traitements expérimentaux (Tableau 1) ont été testés suivant un design factoriel de 6 traitements x 2 conditions de démarrage (0 jour-**CAD0** et 5 jours-**CAD5**). Parmi les 6 traitements, 4 correspondaient à des niveaux croissants de P et Ca (traitements D1 à D4; tableau 1) et les deux autres à l'aliment le moins concentré en P disponible (D1) supplémenté avec 400 et 800 FTU/kg d'une phytase

microbienne (D1+400 et D1+800; Quantum® Blue, AB Vista). Les niveaux de Ca ont été adaptés en suivant les recommandations du fournisseur c'est-à-dire pour chaque diminution de 0,10% de P disponible une diminution de 0,11% de Ca. Le régime alimentaire était à base de maïs, blé et tourteau de soja, distribués *ad libitum* sous forme de granulés. Les niveaux de P disponible et Ca ont été ajustés par l'incorporation de carbonate de Ca et/ou de phosphate mono-calcique. Du dioxyde de titane en qualité de marqueur indigestible a été ajouté aux aliments à hauteur de 0,3%.

Les poids et consommation individuels ont été relevés à 19 jours d'âge. Les tibias de 12 animaux par régime ont été prélevés à 19 jours pour évaluer la résistance à la rupture (**RR**; N), le poids des cendres tibiales (**PCT**, g) et le taux de cendres (**CT**, %). De plus des prélèvements de contenu digestif au niveau de la partie distale de l'iléon ont été réalisés pour déterminer la digestibilité iléale apparente de P (**DIA**, %). Une analyse de régression a été réalisée pour tester la réponse au P pour l'ensemble des critères. L'équivalence en termes de P disponible de 2 doses de phytase (400 et 800 FTU/kg) a ainsi pu être calculée via l'équation de régression. Une analyse de variance associée à un test de Student a été utilisée pour tester l'effet des conditions de démarrage (**CAD**), du niveau de P disponible et l'interaction entre niveau de P et conditions alimentaires de démarrage (**P**\***CAD**). Les analyses statistiques ont été réalisées via le logiciel JMP Pro 13.0.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les analyses chimiques des concentrations en Ca, P et activité phytasique étaient en accord, voire supérieures aux valeurs attendues (Tableau 2).

### 2.1 Réponse au phosphore : effet de l'aliment distribué entre 0 et 5 jours sur les performances de croissance

La consommation et la croissance des animaux ayant reçu les traitements alimentaires dès J0 (**CAD0**) ont été freinées pour les niveaux les plus bas de P ( $P < 0,05$ ; Tableau 3) comparativement aux animaux ayant reçu le régime D4 jusqu'à J5. En effet, l'ingéré et le GMQ des animaux ayant reçu le régime D1 dès J0 étaient réduits de 33% par rapport aux animaux ayant reçu le régime D4 entre J0 et J5 puis le régime D1. L'indice de consommation était également détérioré (1,38 vs 1,47). Ces observations rendent compte des effets bien connus de la déficience en P sur l'appétit et du besoin spécifique de P pour la croissance. L'apport de phytase permet de contrecarrer la déficience. A mesure que la teneur alimentaire de P augmente pour les régimes non supplémentés en phytase (c.-à-d. à l'approche du besoin), la réponse des animaux **CAD0** se rapproche

de celle des animaux CAD5. La pente de réponse au P est ainsi augmentée pour les CAD0. Le fait de nourrir les animaux avec le régime D4 pendant les 5 premiers jours a donc eu pour effet de « lisser » la réponse des animaux en termes de performance de croissance (Figure 1) affectant de ce fait les équivalences de la phytase.

## 2.2 Réponse au phosphore : effet de l'aliment distribué entre 0 et 5 sur l'utilisation digestive et métabolique

Les critères de minéralisation osseuse tels que la résistance à la rupture (RR), le poids de cendres tibiales (PCT) et le % de cendres tibiales (CT) répondaient différemment par rapport aux performances de croissance. En effet, si la réponse au P du critère RR semble avoir été affectée par les conditions de démarrage (CAD\*P,  $p=0,039$ ), les critères de PCT, CT et de digestibilité iléale du P (DIA P) étaient seulement impactés par la teneur en P disponible. En effet, les animaux ayant reçu l'aliment le plus carencé en P (D1) dès la mise en place ont montré des os moins résistants que ceux ayant reçus le régime D1 après 5 jours ( $-22N$ ,  $P < 0,05$ ). La carence en P (0,15% de P disponible) était telle que les animaux n'ont pas été en mesure de compenser malgré l'amélioration de l'efficacité digestive ce qui s'est traduit par une minéralisation osseuse et des performances de croissance dégradées.

Les critères de PCT et CT n'ont été impactés que par les niveaux de P disponible avec une amélioration de ces deux critères jusqu'à 0,35 % de P disponible. En effet, cet essai n'a pas montré de différence significative entre les régimes D3 et D4.

La digestibilité iléale de P (DIA P) n'a été affectée que par les niveaux de P. Ce critère étant mesuré à un temps donné, il est possible que l'effet des conditions de démarrage ait été de court terme ou que les animaux avaient atteint le maximum de leur capacité d'absorption. D'après nos résultats, seul l'aliment le plus carencé en P a amélioré le coefficient de digestibilité par rapport à D3 et D4 alors que pour les aliments contenant de 0,25% à 0,45% de P disponible ce coefficient était similaire. Ces résultats corroborent ceux déjà observés (Yan et al., 2005 ; Huber et al., 2015 ; Rousseau et al., 2016) sur la capacité des animaux à mettre en œuvre des mécanismes d'adaptation au niveau digestif afin d'assurer une meilleure absorption de P et ainsi satisfaire partiellement ou totalement leurs besoins pour la croissance musculaire et osseuse.

## 2.3 Equivalence phytase : effet de l'aliment distribué entre 0 et 5 jours

L'analyse par régression a permis de déterminer à partir des résultats de gain de poids, une équivalence de 0,169% et 0,211% (pour 400 et 800 FTU/kg, respectivement) pour les CAD0 et 0,163% et 0,250%

(pour 400 et 800 FTU/kg, respectivement) pour les CAD5 soit 0,042 et 0,087 points de différence entre les 2 doses. Les conditions de démarrage, influençant le profil de réponse au P, ont entraîné une différence entre les 2 niveaux de phytase plus importante que pour les animaux ayant reçu les aliments dès leur mise en place. La valorisation de la phytase à partir des données d'ingestion était plus faible pour la dose de 400 FTU/kg chez les poulets ayant reçu le régime D4 les 5 premiers jours (0,166% vs 0,194%) et plus élevée pour la dose de 800 FTU/kg (0,313% vs 0,234%). L'amplitude de différence, pour ce critère, entre les 2 niveaux de phytase (400 et 800 FTU/kg) était par conséquent plus importante pour les CAD5 que pour les CAD0 (+0,147 vs +0,040). Contrairement aux critères de performances de croissance, les critères de minéralisation tels que le PCT et le CT n'ont pas été impacté par les conditions de démarrage mais uniquement par le niveau de P disponible des aliments.

Notons que la digestibilité iléale de P était significativement augmentée en présence de phytase: 67% en moyenne pour D1+400 et D1+800 contre 53% en moyenne pour D2, D3 et D4). Cette amélioration de l'absorption en parallèle d'une meilleure disponibilité du P a permis aux animaux d'atteindre des performances de croissance et une qualité de minéralisation équivalentes à celles observées chez les animaux ayant reçu les régimes les plus concentrés en P et Ca. Au-delà de l'effet propre de la phytase, il est probable que l'apport de Ca réduit dans ces régimes ait également favorisé la digestibilité de P. D'autre part, il est probable que le contenu en P de la litière ait été significativement réduit pour ces régimes.

A partir des critères de gain de poids, ingéré, RR et de PCT une moyenne de valorisation pour les deux doses de phytase et les 2 conditions de démarrage a pu être calculée (Tableau 4).

**Tableau 4.** Moyenne d'équivalence P pour 400 et 800 FTU/kg de phytase\*

Traitement	Equivalence P disponible, %
PA0 – 400 FTU/kg	0,173
PA0 – 800 FTU /kg	0,215
Différence	0,042
PA5 – 400 FTU/kg	0,182
PA5 – 800 FTU/kg	0,253
Différence	0,071

\* il est à noter que les différences de valorisation viennent des critères de performances et non des critères de minéralisation osseuse qui n'ont pas été influencés par les conditions de démarrage

Les conditions de démarrage semblent donc influencer la valeur d'équivalence attribuée à une phytase. La distribution d'un régime optimal aux poussins les 5 premiers jours entraîne une surestimation de l'équivalence comparée à un dispositif où les aliments sont distribués dès la mise

en place. Dans notre essai, le démarrage sur régime optimal surestime la valeur en P disponible de +5,2% et +18% pour 400 et 800 FTU/kg, respectivement. Cette surestimation peut avoir des conséquences sur les performances de croissance, la qualité de minéralisation des animaux et donc entraîner des pertes économiques non négligeables. Outre la surestimation ou sous-estimation de la valeur attribuée à la phytase, les différences entre doses se trouvent aussi modifiées. En effet, l'écart entre les doses de 400 et 800 FTU/kg est de 0,042 points quand les animaux ont reçus les aliments dès leur mise en place alors qu'il est de 0,072 points pour les animaux démarrés avec un aliment optimal. L'ensemble de ces résultats montrent l'importance du dispositif expérimental pour l'évaluation d'une phytase.

## CONCLUSION

Le P est un élément essentiel qui représente un coût non négligeable dans l'aliment et qui suscite de nombreuses questions en termes de durabilité de nos filières de production. Les phytases de nouvelle génération représentent un outil pour répondre à ces

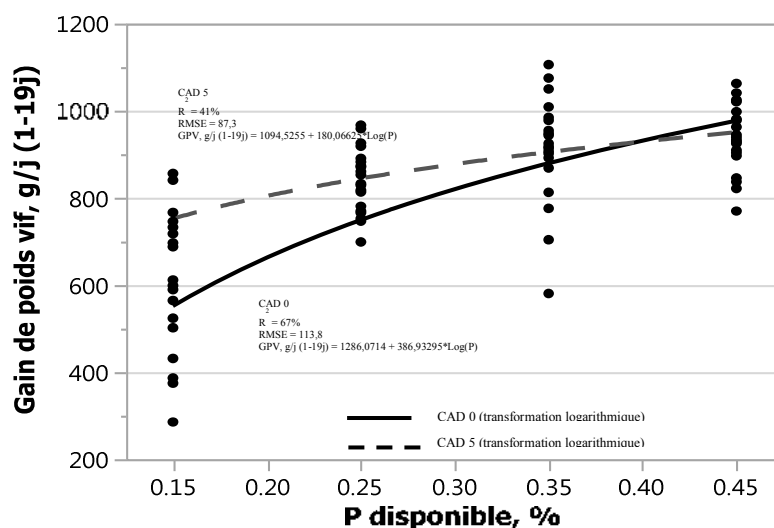
préoccupations d'ordre économique et environnemental. Cependant, il est clair que nous ne maîtrisons pas complètement l'action de ces enzymes qui interagissent avec de nombreux facteurs et dont tout le potentiel n'a probablement pas été exploité. Cet essai contribue à préciser les points clés à considérer lors de l'évaluation d'une phytase et permettant d'aboutir à une valeur pertinente. Une surestimation pourrait en effet s'avérer délétère en termes économique et de bien-être. La phytase testée a permis de délivrer dans les conditions de l'essai 0,173% et 0,215% de P disponible pour 400 et 800 FTU/kg. Néanmoins, il est à noter que cet essai a été réalisé en cages individuelles et s'affranchit donc de toutes les contraintes liées au groupe. C'est pourquoi, une valeur moyenne pour une dose donnée doit être déterminée avec un intervalle de confiance consistant à partir d'un jeu de données conséquent.

Classiquement pratiquée dans les essais d'évaluation d'une phytase, la distribution d'un régime optimal sur les premiers jours (de 5 à 10 jours suivant les études), n'est pas à recommander si l'objectif est de déterminer une valeur d'équivalence en P disponible au risque de surestimer son potentiel.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bedford M.R., C.L. Walk. And H.V. Masey O'Neill, 2015. Assessing measurements in feed enzyme research: Phytase evaluations in broilers, J. Appl. Poult. Res., 0:1-9
- Huber, K., E. Zeller, and M. Rodehutschord, 2015, Modulation of small intestinal phosphate transporter by dietary supplements of mineral phosphorus and phytase in broilers, Poult. Sci. 94:1009–1017
- Rousseau X., A-S Valable, M-P Létourneau-Montminy, N. Mème, E. Godet, M. Magnin, Y. Nys, M.J Duclos et A. Narcy, 2016, Adaptive response of broilers to dietary phosphorus and calcium restrictions, Poult. Sci. 0:1–12
- Yan F., R. Angel, C. Aschwell, A. Mitchell et M. Christman, 2005, Evaluation of the broiler's ability to adapt to an early moderate deficiency of phosphorus and calcium, Poult. Sci. 84:1232-1241

**Figure 1.** Réponse logarithmique du gain de poids vif (GPV, g/j) au P disponible en fonction des conditions alimentaires de démarrage (CAD)



**Tableau 1.** Description des différents traitements alimentaires

Traitements	D1	D2	D3	D4	D1 + 400	D1 + 800	D1	D2	D3	D4	D1 + 400	D1 + 800
<b>CAD<sup>1</sup></b> <b>(j)</b>	0						5					
<b>P disponible</b> <b>(%)</b>	0,15	0,25	0,35	0,45	0,15	0,15	0,15	0,25	0,35	0,45	0,15	0,15
<b>Ca total</b> <b>(%)</b>	0,57	0,68	0,79	0,90	0,57	0,57	0,57	0,68	0,79	0,90	0,57	0,57
<b>Phytase</b> <b>(FTU/kg)</b>	0	0	0	0	400	800	0	0	0	0	400	800

<sup>1</sup>CAD= conditions alimentaires de démarrage (0 ou 5 jours)**Tableau 2.** Description et valeurs analytiques Ca total, P total et activité phytasique

	D1	D2	D3	D4	D1 +400	D1 +800
<b>P disponible, %</b>	0,15	0,25	0,35	0,45	0,15	0,15
<b>P Phytique, %</b>	0,26					
<b>P total attendu, %</b>	0,41	0,51	0,61	0,71	0,41	0,41
<b>P total analysé, %</b>	0,36	0,49	0,60	0,69	0,36	0,36
<b>Ca total attendu, %</b>	0,57	0,68	0,79	0,90	0,57	0,57
<b>Ca total analysé, %</b>	0,64	0,84	0,97	1,09	0,64	0,64
<b>Phytase attendue, FTU/kg</b>	0	0	0	0	400	800
<b>Phytase analysée, FTU/kg</b>	< 50	< 50	< 50	< 50	679	1311

**Tableau 3.** Effet des différents traitements alimentaires en termes de performances de croissance et minéralisation osseuse

CAD (j)	Traitement	Gain de poids 1-19j (g)	Ingéré 1-19j (g)	IC 1-19j (g/g)	AID P (%)	RR (N)	PCT (g)	CT (%)
0		816	1070	1,33	59,1	120	0,89	37,4
5		878	1149	1,31	58,9	120	0,91	37,2
	<b>0,15(D1)</b>	622	858	1,43	61,9 <sup>ab</sup>	54	0,53 <sup>d</sup>	30,9 <sup>d</sup>
	<b>0,25(D2)</b>	841	1097	1,31	55,4 <sup>bc</sup>	106	0,82 <sup>c</sup>	36,2 <sup>c</sup>
	<b>0,35(D3)</b>	916	1186	1,30	50,7 <sup>c</sup>	147	1,05 <sup>a</sup>	39,3 <sup>a</sup>
	<b>0,45(D4)</b>	928	1182	1,28	52,4 <sup>c</sup>	145	1,07 <sup>a</sup>	40,1 <sup>a</sup>
	<b>0,15+400</b>	865	1138	1,32	65,6 <sup>a</sup>	130	0,94 <sup>b</sup>	37,8 <sup>b</sup>
	<b>0,15+800</b>	911	1195	1,31	68,2 <sup>a</sup>	138	1,02 <sup>a</sup>	39,5 <sup>a</sup>
0	<b>0,15</b>	497 <sup>f</sup>	688 <sup>f</sup>	1,47 <sup>a</sup>	62,7	43 <sup>g</sup>	0,46	31,0
0	<b>0,25</b>	829 <sup>d</sup>	1077 <sup>de</sup>	1,30 <sup>cde</sup>	53,7	103 <sup>e</sup>	0,79	35,9
0	<b>0,35</b>	920 <sup>abc</sup>	1216 <sup>ab</sup>	1,33 <sup>bcd</sup>	47,9	152 <sup>ab</sup>	1,08	39,6
0	<b>0,45</b>	914 <sup>abc</sup>	1143 <sup>abcd</sup>	1,25 <sup>e</sup>	54,6	155 <sup>a</sup>	1,10	40,5
0	<b>0,15+400</b>	844 <sup>cd</sup>	1122 <sup>bcd</sup>	1,34 <sup>bc</sup>	64,7	128 <sup>cd</sup>	0,93	37,9
0	<b>0,15+800</b>	892 <sup>abcd</sup>	1172 <sup>abc</sup>	1,31 <sup>cd</sup>	71,3	138 <sup>abc</sup>	1,02	39,3
5	<b>0,15</b>	746 <sup>e</sup>	1028 <sup>e</sup>	1,38 <sup>b</sup>	61,1	65 <sup>f</sup>	0,59	30,7
5	<b>0,25</b>	853 <sup>bcd</sup>	1117 <sup>cde</sup>	1,31 <sup>cd</sup>	57,2	110 <sup>de</sup>	0,84	36,5
5	<b>0,35</b>	912 <sup>abc</sup>	1157 <sup>abcd</sup>	1,27 <sup>de</sup>	53,5	142 <sup>abc</sup>	1,02	39,1
5	<b>0,45</b>	941 <sup>a</sup>	1222 <sup>a</sup>	1,30 <sup>cde</sup>	50,2	134 <sup>bc</sup>	1,05	39,7
5	<b>0,15+400</b>	885 <sup>abcd</sup>	1153 <sup>abcd</sup>	1,30 <sup>cde</sup>	66,6	132 <sup>c</sup>	0,96	37,7
5	<b>0,15+800</b>	930 <sup>ab</sup>	1218 <sup>ab</sup>	1,31 <sup>cd</sup>	65,1	138 <sup>abc</sup>	1,02	39,7
	<b>Modèle</b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>CAD<sup>1</sup></b>	<0,001	<0,001	0,099	ns*	ns	ns	ns
	<b>P<sup>2</sup></b>	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	<b>CAD*P</b>	<0,001	<0,001	0,030	ns	0,039	ns	ns

<sup>1</sup>CAD= conditions alimentaires de démarrage (0 ou 5 jours) ; <sup>2</sup>P = P disponible

\*ns = non significatif (p&gt;0.05)

# **EFFET D'UNE PRESSION COCCIDIENNE PAR VACCINATION SUR LES PERFORMANCES ET LES DIGESTIBILITES ILEALES APPARENTES ET STANDARDISEES DES ACIDES AMINES CHEZ LE POULET DE CHAIR AGE DE 21 ET 42 JOURS.**

**Adedokun Sunday A.<sup>1</sup>, Helmbrecht Ariane<sup>2</sup>, Applegate Todd J.<sup>3</sup>, Lepoudere Mathieu<sup>4</sup>**

<sup>1,3</sup> PURDUE UNIVERSITY - Department of Animal Science - W. LAFAYETTE IN 47907

<sup>2</sup> EVONIK NUTRITION & CARE GmbH - Rodenbacher Chaussee 4 - 63457 HANAU

<sup>3</sup> EVONIK NUTRITION & CARE GmbH - 2 Rue au Duc - 35000 RENNES

[mathieu.lepoudere@evonik.com](mailto:mathieu.lepoudere@evonik.com)

## **RÉSUMÉ**

L'étude qui suit a pour objectif de mesurer l'effet d'une inoculation coccidienne sur les performances et les digestibilités iléales des acides aminés chez le poulet de chair âgé de 21 et 42 jours. 520 Ross 708 ont été divisés en 2 groupes, chaque groupe étant réparti selon 2 traitements. Les animaux des lots témoins (T) et expérimentaux (CH) ont reçu un aliment formulé à base de maïs, soja et farine de volaille. A 15 jours et 36 jours d'âge, respectivement pour le premier et le deuxième groupe, les lots CH ont reçu un anticoccidien (Coccivax<sup>®</sup>B) à une dose équivalente à 12 fois celle recommandée par le fabricant. Les résultats ont montré une consommation d'aliment et un gain de poids significativement plus élevés ( $P \leq 0,05$ ) pour les lots T à 21 jours en comparaison avec les lots CH du même âge. Sur ces mêmes paramètres, aucune différence significative n'a pu être observée entre les lots T et CH des animaux plus âgés. A l'inverse des lots CH à 42 jours, les pertes endogènes des acides aminés ont diminué pour les lots CH à 21 jours en comparaison avec les lots T. Les digestibilités iléales apparentes et standardisées des acides aminés ainsi que les digestibilités iléales apparentes des nutriments et de l'énergie des lots CH à 21 jours étaient significativement plus faibles ( $P \leq 0,05$ ) que celles obtenues pour les animaux T du même âge et T et CH à 42 jours. En conclusion, la pression coccidienne affecte en priorité et de manière significative les performances et les digestibilités iléales des jeunes animaux. Ceci pourrait s'expliquer par un développement plus avancé de la structure intestinale et du système de défense immunitaire chez les animaux les plus âgés.

## **ABSTRACT**

**Investigation of the effect of a coccidial vaccine challenge on performances and apparent and standardized ileal amino acid digestibility in 21 and 42 days-old broilers**

The current study investigated the effect of a coccidial vaccine challenge on performances and amino acid ileal digestibility of amino acids on broilers of 21 and 42 days old. 520 Ross 708 were divided into two groups, each group being distributed in two treatments. Broilers from the control (T) and experimental (CH) treatments were feeding with a typical corn-soybean meal based diet and with poultry meal.

The challenged birds were fed with 12 x coccidial vaccine dose on days 15 and 36 and were sampled on 6 days post challenge. Results showed that feed intake and body weight gain were higher ( $P \leq 0.05$ ) in 21-day-old T birds compared to the 21-day-old CH birds while no significant difference was noticed for 42-day-old birds T and CH. Ileal endogenous amino acids losses was higher ( $P \leq 0.05$ ) in 42-day-old CH birds compared to 42-day-old T birds. Apparent and standardized ileal amino acids digestibility as well as ileal apparent nutrient and energy digestibility in 21-day-old CH birds was lower ( $P \leq 0.05$ ) than for 21-day-old T and 42-day-old T and CH birds. As a conclusion, the coccidial vaccine challenge significantly influenced ileal AA digestibility in younger birds. This could be attributed to a better-developed structure of the small intestine and its immune system at older age.



## INTRODUCTION

Les systèmes de formulation modernes prennent en compte les niveaux de digestibilité réelle des acides aminés des matières premières grâce à l'utilisation de coefficients de digestibilité iléale standardisée. Ces coefficients sont établis sur la base de la digestibilité iléale apparente corrigée des protéines sécrétées dans la lumière intestinale au niveau de l'iléum (sécrétions enzymatiques, sécrétions de mucines et d'immunoglobulines, desquamations des cellules) et qui viennent se mélanger aux protéines alimentaires. Ces pertes sont appelées « pertes endogènes basales » ou encore « pertes non-spécifiques » car non liées aux caractéristiques des matières premières mais au niveau d'ingestion alimentaire de l'animal.

Les études de digestibilité sont généralement réalisées dans des conditions sanitaires maîtrisées. Ces mêmes mesures effectuées sur des animaux élevés dans des conditions normales de production, pourraient s'avérer différentes des valeurs publiées si l'élevage devait faire face à une infection telle que la coccidiose, pathologie digestive répandue chez le poulet.

Les coccidies appartenant au genre *Eimeria*, sont en effet responsables d'une perte économique annuelle mondiale substantielle (estimée à plus de 3 milliards de dollar) pour l'industrie de la volaille (Dalloul et Lillehoj, 2005 ; 2006). Cette infection entraîne une réduction significative de la prise alimentaire, de l'indice de consommation et des performances de croissance (Williams, 2002 ; Dalloul et Lillehoj, 2005 ; Persia et al., 2006).

La plupart des travaux réalisés dans le passé (Turc, 1972 ; Ruff et Wilkins, 1980 ; Ruff et Edgar, 1982) sur l'impact des coccidioses sur l'absorption de la protéine et des acides aminés, ont été conduits in vitro et ne peuvent donc pas être totalement représentatifs de la dynamique d'une infection dans l'intestin.

L'étude qui suit se propose de mesurer in vivo l'effet d'une contamination coccidienne sur les pertes endogènes iléales et les digestibilités iléales apparentes et standardisées des acides aminés chez le poulet de chair âgé de 21 ou 42 jours.

Suivant l'espèce *Eimeria* considérée, la zone de contamination au niveau de l'intestin est différente. Dans l'étude qui suit les animaux ont reçu par voie orale un vaccin anticoccidien comprenant quatre espèces de coccidies parasites *Eimeria* : *E. acervulina*, *E. maxima*, *E. mivati* et *E. tenella*, ceci dans le but d'infecter le tractus intestinal de l'oiseau sur toute sa longueur. *E. acervulina*, *E. mivati* vont plutôt infecter la moitié supérieure haute de l'intestin grêle tandis qu'*E. tenella* affectera le caecum. *E. maxima* va quant à elle contaminer les parties supérieures et médianes (Witlock et Ruff, 1977 ; Hong et al., 2006).

## 1. MATERIELS ET METHODES

Cette étude a été réalisée en collaboration avec l'université Purdue (Purdue University, Indiana) aux États-Unis.

### 1.1. Animaux, alimentation et formulation

520 mâles Ross 708 ont été utilisés pour cette étude. Un aliment à base de maïs, soja, drêches de maïs et farine de volaille, a été formulé pour chaque phase de l'élevage : démarrage de 0 à 14 jours, croissance de 15 à 28 et finition, de 29 à 42 jours, selon les niveaux de recommandations NRC 1994. Pour la mesure des pertes iléales endogènes des acides aminés, un aliment protéoprive (NFD) a été formulé en essayant de respecter au mieux les besoins en sodium, potassium et chlore, ceci afin de limiter l'effet de la balance électrolytique sur la consommation en eau et en aliment. Dans les aliments démarrage, croissance et finition, le dioxyde de titane a été utilisé comme marqueur indigestible à hauteur de 5 g/kg (Voir Table 1).

### 1.2. Mesure des pertes endogènes iléales

Les pertes endogènes iléales des acides aminés, PEIAA, ont été mesurées sur 312 des 520 animaux de l'étude.

A 14 jours d'âge, 192 animaux ont été pesés individuellement et répartis de façon aléatoire en 2 lots de 16 cages avec 6 animaux par cage, le premier lot constituant les animaux témoins (T) et le second lot désignant les animaux « challengés » (CH). Les animaux restants, soit 120 poulets, ont été pesés à 35 jours d'âge et répartis en 2 lots, T et CH, de 12 cages de 5 animaux chacune.

Les animaux des lots T et CH ont reçu l'aliment NFD de 16 à 21 jours ou de 37 à 42 jours, soit 5 jours avant le prélèvement du digesta iléal (selon méthode Adedokun et Al, 2011).

Les lots CH ont été vaccinés avec un anticoccidien (Coccivax®B, Schering-Plough Animal Health Corp.) à une dose équivalente à 12 fois celle recommandée par le fabricant. Le vaccin a été préalablement dilué dans de l'eau distillée. 0.6 ml ont été administrés oralement à 15 et 36 jours d'âge, soit 6 jours avant les mesures. Les lots T ont reçu en parallèle 0.6 ml d'eau distillée uniquement. La dose conseillée contient approximativement 500 oocystes vivants (méthode McMaster selon Hodgson ; 1970). Chaque poulet des lots CH a donc reçu environ 6000 oocystes.

A 21 et 42 jours d'âge les animaux ont été euthanasiés au CO<sub>2</sub>. Les contenus iléaux ont été récupérés par lavement de l'iléon à l'eau distillée. Ils ont ensuite été stockés puis congelés à -20°C.

### 1.3. Performances et digestibilités

208 des 520 animaux ont été utilisés pour le calcul des performances et l'évaluation des digestibilités

iléales apparentes (DIAAA), et standardisées (DISAA) :

. A 14 jours d'âge, 128 animaux ont été pesés et répartis de façon aléatoire en 2 lots, T et CH, de 8 cages avec 8 animaux par cage,

. A 35 jours d'âge 80 animaux ont été pesés et répartis de façon aléatoire en 2 lots, T et CH, de 8 cages avec 5 animaux par cage.

Les animaux ont été pesés par cage en début et fin d'essai et les consommations ont été calculées. En ce qui concerne l'alimentation avec le régime protéoprive, la vaccination et la récupération des échantillons, le même protocole que celui expliqué précédemment a été appliqué.

#### 1.4. Calculs et statistiques

Les PEIAA ont été calculées pour les lots T et CH à partir de la formule suivante :

PEIAA (mg/kg matière sèche ingérée) =  $(Ti_i / Ti_o) \times (No)$

Les digestibilités iléales apparentes (DIA) de l'azote (N), de l'énergie et des acides aminés ont été calculées grâce à la formule :

$$DIA (\%) = [1 - (Ti_i / Ti_o) \times (No / Ni)] \times 100$$

Où  $Ti_i$  est la concentration en titane dans l'aliment, en g/kg de matière sèche,  $Ti_o$  est la concentration en titane dans le digesta iléal, en g/kg de matière sèche,  $Ni$  est la concentration en matière sèche, azote, énergie ou acides aminés dans l'aliment, en mg/kg de matière sèche, et  $No$  est la concentration en matière sèche, azote, énergie ou acides aminés dans le digesta iléal, en mg/kg de matière sèche.

La digestibilité iléale standardisée des acides aminés a été obtenue via la formule suivante :

$$DISAA (\%) = DIA (\%) + [100 \times (PEIAA / AA)]$$

Où : DIA est la digestibilité iléale apparente en g/kg de matière sèche ingérée et AA, la teneur en acides aminés dans l'aliment en g/kg de matière sèche.

Les données ont été traitées sous SAS (Inc. Inst. Cary, NC) par ANOVA (procédure GLM) selon un plan factoriel 2x2 : deux âges différents, 21 ou 42 jours, et avec ou sans pression coccidienne, T ou CH. La cage a servi d'unité expérimentale avec un seuil de signification de 0,05.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Aucune mortalité n'a été relevée pendant les différentes phases de l'étude.

Les résultats sur les performances ont fait apparaître des interactions ( $P \leq 0,05$ ) entre l'âge des animaux et la pression coccidienne sur la consommation d'aliment et le gain de poids (Voir Tableau 2). Les poulets de 21 jours des lots CH ont montré des performances significativement différentes aux lots T. Ceci vient confirmer les observations de Persia et al. (2006) et de Cornelissen et al. (2009) chez des animaux infectés par *E. acervulina*.

La consommation des lots CH à 21 jours a été de 68% celle des lots T au même âge soit environ 30g/jour de moins. Le gain de poids à quant à lui diminué de 35% ce qui correspond aux données rapportées par Paris et Wong (2013).

Aucune différence significative n'a pu être observée sur le gain de poids et la consommation d'aliment entre les lots CH et T des animaux âgés de 42 jours. Concernant l'efficacité alimentaire, aucune différence significative n'est apparue entre les traitements T et CH pour un âge donné.

La pression coccidienne a eu un effet négatif sur les niveaux de consommation des animaux les plus jeunes, d'où une croissance significativement plus faible pour les lots CH à 21 jours. Ces résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par Kipper et al. (2013) mentionnant que l'impact sur les performances suite à une infection par *Eimeria*, est fonction de l'âge des animaux, les individus les plus âgés étant les moins sensibles et donc les moins affectés.

Concernant les pertes endogènes et les digestibilités iléales, seules les valeurs moyennes par catégorie d'acides aminés ainsi que les valeurs sur la lysine et la méthionine ont été communiquées dans cet article. Les traitements statistiques ont cependant été effectués sur les onze acides aminés essentiels et les sept acides aminés non-essentiels pris en compte dans cette étude (Voir Tableau 3).

Les pertes iléales endogènes des acides aminés ont augmenté pour les lots CH à 42 jours en comparaison avec les lots T. A l'inverse, elles ont diminué chez les animaux CH à 21 jours par rapport aux animaux des lots témoins du même âge. La diminution des pertes endogènes pour les lots CH à 21 jours peut être attribuée à une destruction de la bordure en brosse et de la couche protectrice de mucus qui recouvre la surface de l'épithélium du tractus gastro-intestinal. La disparition de ces différentes couches entraînerait alors une baisse du flux d'acides aminés endogènes dans l'iléon. D'autre part, en 2013 Paris et Wong ont démontré qu'une infection coccidienne par *E. maxima* pouvait entraîner la mort des cellules intestinales, notamment en entraînant une régulation négative de l'expression du gène LEAP-2 codant pour le peptide antimicrobien du même nom, et du gène codant pour l'EAAT3, transporteur majeur du L-glutamate, ce dernier représentant la principale source d'énergie des entérocytes.

Le challenge coccidien s'est traduit par une baisse des digestibilités iléales apparentes et standardisées des acides aminés pour les lots CH à 21 et 42 jours en comparaison avec les lots T respectifs. Cette baisse n'était cependant significativement différente que pour les animaux âgés de 21 jours et ceci pour l'ensemble des acides aminés, essentiels et non-essentiels, pris en compte dans cette étude.

Pour les animaux âgés de 21 jours, malgré des pertes endogènes plus importantes pour les lots T pour les acides aminés essentiels et non-essentiels (591 et 944 mg/kg MS<sub>i</sub>) en comparaison avec les lots CH (463 et 730 mg/kg MS<sub>i</sub>), les digestibilités apparentes des acides aminés sont restées plus élevées pour les lots T. Ces résultats montrent un potentiel effet négatif de l'infection sur les capacités de digestion et d'absorption chez les jeunes animaux.

Chez les animaux à 42 jours, les PEIAA ont été plus faibles (non significatif) pour les lots T que pour les lots CH. A cette phase de croissance, la structure de l'intestin est beaucoup plus développée (ou mature) et donc plus résistante à une infection par *Eimeria*. Le fait d'avoir des pertes endogènes plus élevées pour les lots CH à 42 jours pourrait résulter d'une stimulation des cellules intestinales et d'une sécrétion endogène accrue, notamment de mucines.

Concernant les digestibilités iléales de la matière sèche, de l'azote et de l'énergie, l'infection a impacté de manière significative ces paramètres chez les animaux CH de 21 jours. Le niveau d'énergie digestible était de 41% inférieur pour les lots CH par rapport aux animaux T. Les lots T et CH de 42 jours ne présentaient quant à eux aucune différence significative. Les mêmes tendances que pour les digestibilités iléales des acides aminés ont ainsi été observées et viennent conforter

l'hypothèse d'une moindre valorisation de l'aliment chez les animaux challengés les plus jeunes.

#### 4. CONCLUSION

En conclusion, l'infection par différentes espèces d'*Eimeria* a un effet négatif plus important sur les performances et le système digestif des jeunes animaux.

La consommation d'aliment, le gain de poids et l'indice de consommation ont été significativement affectés à 14-21 jours. La baisse des performances peut être corrélée à une diminution des digestibilités iléales des acides aminés et de l'énergie et donc à une moindre capacité des jeunes animaux à absorber et à valoriser les nutriments. A l'inverse, les animaux âgés de 35-42 jours ayant subi la même pression coccidienne ne présentaient pas de différence significative avec les lots témoins. La différence entre jeunes animaux et animaux âgés pourrait d'une part s'expliquer par la différence de poids vif et donc par un effet de concentration de l'infection chez les animaux en début de croissance qui sont aussi les plus légers. Cet effet de l'âge pourrait d'autre part s'expliquer par une différence dans le développement des structures intestinales et des systèmes de défenses, l'intestin des animaux les plus âgés étant plus à même de résister à *Eimeria* et au phénomène d'inflammation.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adedokun, S. A., C. M. Parsons, M. S. Lilburn, O. Adeola, and T. J. Applegate. 2007. Endogenous amino acid flow in broiler chicks is affected by the age of birds and method of estimation. *Poult. Sci.* 86:2590–2597.
- Adedokun, S.A., O. Adeola, C. M. Parsons, M. S. Lilburn, and T. J. Applegate. 2011. Factors affecting endogenous amino acid flow in chickens and the need for consistency in methodology. *Poultry Science*. 90:1737-1748
- Adedokun, S. A, K. M. Ajuwon, L. F. Romero, and O. Adeola. 2012. Ileal endogenous amino acid losses response of broiler chickens to fibre and mild coccidial vaccine challenge. *Poult. Sci.* 91:899–907.
- Cornelissen, J. B. W. J., W. J. C. Swinkels, W. A. Boersma, and J. M. J. Rebel. 2009. Host response to simultaneous infections with *Eimeria acervulina*, *maxima*, and *tenella*: a cumulation of single responses. *Vet. Parasitol.* 162:58–66.
- Dalloul, R. A., and H. S. Lillehoj. 2005. Recent advances in immunomodulation and vaccination strategies against coccidiosis. *Avian Diseases*. 49:1–8.
- Dalloul, R. A., and H. S. Lillehoj. 2006. Poultry Coccidiosis: recent advancement in control measures and vaccine development. *Expert Rev. Vaccines*. 5:143–163.
- Hodgson, J. N. 1970. Coccidiosis: oocyst-counting technique for coccidiostat evaluation. *Exp. Parasitol.* 28:99–102.
- Paris, N. E., and E. A. Wong. 2013. Expression of digestive enzymes and nutrient transporters in the intestine of *Eimeria maxima* infected chickens. *Poult. Sci.* 92:1331–1335.
- Kipper, M., I. Andretta, C. B. Lehn, P. A. Lovatto, and S. G. Monteiro. 2013. Meta-analysis of the performance variation in broilers experimentally challenged by *Eimeria* spp. *Vet. Parasitol.* 196:77–84
- Persia, M. E., E. L. Young, P. L. Utterback, and C. M. Parsons. 2006. Effects of dietary ingredients and *Eimeria acervulina* infection on chick performance, apparent metabolizable energy, and amino acid digestibility. *Poult. Sci.* 85:48–55.
- Ruff, M. D., and G. C. Wilkins. 1980. Total intestinal absorption of glucose and L-methionine in broilers infected with *Eimeria acervulina*, *E. mivati*, *E. maxima* or *E. brunetti*. *Parasitol.* 80:555-569.
- Ruff, M. D., and S. A. Edgar. 1982. Reduced intestinal absorption in broilers during *Eimeria mitis* infection. *Am. J. Vet. Res.* 43:507-509.
- Williams, R. B. 2002. Anticoccidial vaccines for broiler chickens: Pathways to success. *Avian Pathol.* 31:317–353.
- Witlock, D. R., and M. D. Ruff. 1977. Comparison of the surface damage caused by *Eimeria mivati*, *E. necatrix*, *E. maxima*, *E. brunetti*, and *E. acervulina* by scanning electron microscope. *J. Parasitol.* 63:193–199.



## INFLUENCE DU RATIO ENERGIE/PROTEINES DE L'ALIMENT CROISSANCE-FINITION SUR LES PERFORMANCES DES CANARDS MULARDS

Arroyo Julien<sup>1</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>, Amador Olivier<sup>2</sup>, Margetyal Carole<sup>3</sup>, Besson Marc<sup>2</sup>, Quentin Maxime<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>INZO° - 1, rue de la marébaudière BP 9669 Montgermont 35766 SAINT GREGOIRE

<sup>3</sup>NEOVIA, site de Chierry, rue de l'église, CS90019, 02402 CHATEAU-THIERRY

[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

### RÉSUMÉ

Le but de cet essai était d'évaluer, pendant la période estivale (été 2014), l'impact de 3 aliments croissance-finition de ratio énergie/protéines (E/P) décroissant sur les performances de croissance et de gavage des canards mulards. Pour cela, 464 canetons mulards ont été divisés en 3 groupes (3 répétitions par groupe) différant de par la composition de l'aliment croissance-finition reçu entre 24 et 75 jours d'âge: « C1 » (EM : 2750 kcal/kg ; PB : 15 % : ratio E/P=183), « C2 » (EM 2550 kcal/kg ; PB : 15%: ratio E/P=170) ou « C3 » (EM 2750 kcal/kg ; PB : 17% : ratio E/P=162). De 76 à 88 jours d'âge, 72 canards par groupe ont été gavés et abattus pour déterminer le poids des foies gras et des magrets. La consommation alimentaire a été mesurée quotidiennement. Le poids vif a été mesuré à 24, 35, 56, 75 et 88 jours.

De 25 à 55 jours (période *ad libitum*), et de 56 à 76 jours (période de rationnement), les consommations alimentaires étaient statistiquement similaires entre les 3 modalités ( $P = 0,14$ ). Cependant sur l'ensemble de la période croissance-finition (25-75 jours), la consommation avait tendance à être supérieure ( $P = 0,07$ ) dans le lot C2 (13844 g) par rapport au lot C3 (13145 g), C1 étant intermédiaire (13224 g). Une différence de poids vif a été mesurée à 74 jours d'âge ( $P < 0,05$ ). Les animaux du lot C1 étaient plus lourds (4645 g) que les animaux des lots C2 (4560 g) ou C3 (4534 g). Une relation linéaire entre le gain moyen quotidien et la concentration du régime (ratio E/P) est observé ( $GMQ = 0,10 \times E/P + 53,81$  ( $R^2 = 0,86$ )). Aucun effet du ratio E/P n'a été mesuré sur la composition corporelle ou les performances de gavage. En conclusion, une augmentation du ratio E/P par la baisse de la teneur en EM ou l'augmentation de la teneur en protéines de l'aliment a permis en élevage d'améliorer sensiblement la vitesse de croissance des canards sans impacter les performances de gavage.

### ABSTRACT

#### Influence of dietary energy to protein ratio during growing-finishing period in mule ducks

The aim of this trial was to evaluate, over the summer period 2014, the effect of 3 growing-finishing diets with decreasing energy / protein ratio (E/P), on growth and overfeeding performance of mule ducks. For this purpose, 464 mule ducklings were distributed into 3 groups (3 replicates per group) differing in the composition of the growing-finishing diet received between 24 and 75 days of age: "C1" (ME: 2750 kcal / kg, CP: 15%: E / P ratio = 183), "C2" (ME 2550 kcal / kg, CP: 15%: E / P ratio = 170) % or C3» (ME 2750 kcal/kg ; CP : 17% : ratio E / P=162). From 76 to 88 days of age, 72 ducks per group were overfed and slaughtered to determine the weight of "foie gras" and breast muscle. Feed intake was measured daily. The body weight was measured at 24, 35, 56, 75 and 88 days of age. From 25 to 55 days (*ad libitum* period), and from 56 to 76 days (feed restricting period), feed intake was statistically similar between the three groups ( $P = 0.14$ ). However, on the overall growing-finishing period (25-75 days), total feed intake tended to be higher ( $P = 0.07$ ) in C2 group (13844 g) than C3 group (13145 g) C1 group being intermediate (13224 g). A body weight difference was measured at 74 days of age ( $P < 0.05$ ). The animals of C1 group were heavier (4645 g) than animals of C2 (4560 g) or C3 (4534 g) groups. During the growing-finishing period (24-75 days), a linear relationship between the average daily gain and the diet E/P ratio was expressed by the equation:  $y = 0,10 \times E/P + 53,81$  ( $R^2 = 0,86$ )). At 24, 56 and 74 days of age, body composition was similar ( $P > 0.05$ ) for all three groups. In conclusion, the increase of the E/P ratio by the decrease of the content of ME or the increase of CP content of the diet significantly improved the duck growth rate during the rearing period without any effect of the overfeeding period performances.

## INTRODUCTION

Hormis les études récentes réalisées sur les canes mulards (Baéza et al., 2012), les études concernant les recommandations nutritionnelles des canards mulards mâles destinés à la production de foie gras sont rares, anciennes ou découlent des recommandations pour les canards de Barbarie (Leclercq et al., 1989). Le but de cet essai était d'évaluer, pendant la période estivale (01/07/2014 au 25/09/2014), l'effet de 3 aliments croissance-finition de concentrations énergétique et protéique (ratio énergie/protéine = E/P) décroissantes sur les performances de croissance et de gavage des canards mulards en visant la réduction du coût alimentaire.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

L'essai a été réalisé à la Station expérimentale de l'oie et du canard (ASSELDOR ; domaine de Glane 24420 Coulaures, Dordogne, France) du 1 Juillet au 13 Septembre 2014 pour l'élevage, et du 14 au 25 Septembre 2014 pour le gavage.

Au total, 464 canetons mulards mâles (*Cairina moschata* × *Anas platyrhynchos*), de souche mulard MMGAS x PKL épouillés et fournis par la société Orvia (Saint-André-treize-Voies, Vendée, France) ont reçu de 0 à 24 jours un aliment « Démarrage » présenté sous forme de vermicelle de 2,5 mm de diamètre et dont les principales caractéristiques nutritionnelles sont : énergie métabolisable (EM) : 2750 kcal/kg ; Protéine Brute (PB) : 17 %. Entre 25 jours et l'âge de mise en gavage (75 jours), les animaux ont reçu trois aliments « Croissance-finition » sous forme de granulés de 3,5 mm de diamètre. Ces trois aliments diffèrent par leur ratio E/P : « C1 » (EM : 2750 kcal/kg ; PB : 15 % : ratio E/P=183), « C2 » (EM 2550 kcal/kg ; PB : 15% : ratio E/P=170) ou « C3 » (EM 2750 kcal/kg ; PB : 17% : ratio E/P=162). Les animaux étaient répartis dans 3 parcs par modalité : C1, C2 et C3 (15 m<sup>2</sup> sur litière de paille broyée + 9 m<sup>2</sup> de caillebotis + 91,5 m<sup>2</sup> de parcours caillouteux). Le plan d'alimentation utilisé correspondait à une alimentation à volonté jusqu'à 56 jours puis quelle que soit la modalité testée, un rationnement horaire était mis en place soit 1 h/jour (le matin) puis les deux dernières semaines, 2 h/j (le matin), jusqu'à la mise en gavage. Les aliments distribués durant cette période ont été fabriqués par « Terres du Sud » (Sainte Livrade sur Lot, Lot-et-Garonne, France).

À 76 jours, un échantillon de canards (72 par modalité) représentatif du poids de l'ensemble de la modalité a été mis en gavage. La pâtée de gavage distribuée durant ces périodes étaient composée (pour 1000 g) de 420 g d'eau, de 170 g de grains de

maïs entiers, de 390 g de farine de maïs et de 20 g d'additif/kg de pâtée (vitamines A : 180000 UI/kg ; D3 : 50000 UI/kg ; E : 2250 UI/kg ; B1 : 100 mg/kg ; K3 : 200 mg/kg ; C : 1,170 mg/kg et minéraux ; CuSO<sub>4</sub> : 667 mg/kg, ZnO : 3,600 mg/kg ; SeSO<sub>4</sub> : 74.00 mg ; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> : 13,5 mg/kg, Argile bentonite : 580 g/kg ; manufacturé par Sanders à Château-Gontier, Mayenne, France).

Pour le gavage, les canards ont été répartis dans 24 parcs collectifs sur caillebotis (grillage de 2,80 m x 1m pour 9 canards). Chaque parc est équipé d'abreuvoirs.

### 1.2. Mesures et contrôles

Les animaux ont été identifiés et pesés individuellement à 24, 35, 56 et 74 jours. La consommation d'aliment a été relevée tous les 7 jours à partir de 27 jours d'âge, dans chaque parquet d'élevage. Un échantillon d'animaux (n = 2 par parquet), sélectionné pour être représentatif du poids de la population, a été abattu à 24 jours puis (n = 12 par lot) à 56 et 74 jours pour réaliser une dissection anatomique complète selon la méthode WPSA (Fris Jensen, 1984). A la fin du gavage, après un jeûne de 9 h, les animaux ont été conduits à l'abattoir de volailles « Les ateliers De Lavergne (Prats-de-Carlux, Dordogne, France) » où les poids de carcasse, de foie (à chaud) et de magret (muscle et peau + gras sous-cutané) ont été mesurés.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyses statistiques "PASW Statistics 18". Pour toutes les données, le canard a été utilisé comme unité expérimentale à l'exception de la consommation alimentaire et de l'indice de consommation dans lequel le parc (n = 3 / groupe), distribué selon un modèle en bloc, était l'unité expérimentale. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des mortalités a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si P < 0,05.

## 2. RESULTATS

De 25 à 55 jours (période *ad lib.*), et de 56 à 76 jours (période de rationnement), les consommations alimentaires étaient statistiquement similaires entre les 3 modalités (P = 0,14) même si l'aliment C2 a été légèrement plus consommé (près de 400 g de plus que les régimes C1 et C3). Cependant sur l'ensemble de la période croissance-finition (25-75 jours), la consommation totale d'aliments avaient tendances à être supérieurs (P = 0,07) dans le lot C2

(13844 g) par rapport au lot C3 (13145 g), C1 étant intermédiaire (13224 g ; Tableau 1).

Quelle que soit la modalité testée, la mortalité en élevage a été similaire (1,08%,  $P > 0,05$ ). La différence de poids n'est statistiquement significative ( $P < 0,05$ ) qu'à 74 jours où les animaux du lot C1 étaient plus lourds (4645 g) que les animaux des lots C2 (4560 g) ou C3 (4534 g ; Tableau 2).

Concernant les GMQ, pour la période 24-55, nous n'observons pas de différence statistique entre les 3 lots mais de 56 à 75 et également sur l'ensemble de la période expérimentale, les animaux du lot C1 ont eu un gain de poids supérieur (+2 g/j ;  $P < 0,05$ ) à celui des deux autres lots (Tableau 1).

Quelle que soit la période de mesure de l'indice de consommation, nous n'avons observé aucun effet significatif des modalités testées (Tableau 1).

Que ce soit à 24, 56 et 74 jours d'âge, la composition corporelle était similaire ( $P > 0,05$ ) dans les 3 groupes (résultats non présentés).

Pendant la période de croissance-finition (24-75 jours), une relation linéaire (Figure 1) entre le gain moyen quotidien et la concentration du régime s'exprime par l'équation :  $y = 0,10 \times E/P + 53,81$  ( $R^2 = 0,86$ )

Excepté les différences de poids à la mise en gavage et de poids vifs à l'abattage (Tableau 2), l'ensemble des paramètres mesurés pendant et après gavage sont similaires entre les 3 modalités testées.

On peut toutefois souligner une mortalité en gavage proche de zéro (1/216) avec des animaux de plus de 4,5 kg à jeun et des poids de foie très élevé (764 g ; Tableau 3).

## DISCUSSION - CONCLUSION

L'objectif de cet essai était d'évaluer, pendant la période estivale (01/07/2014 au 25/09/2014), l'impact de 3 aliments croissance-finition de ratio énergie/protéines décroissant sur les performances de croissance et de gavage des canards mulards.

Pendant la période d'élevage, le canard mulard subit les conditions de son environnement. L'été, la chaleur ne favorise pas les ingérés et les performances de carcasses sont parfois fortement impactées. Parallèlement, l'été est une période pendant laquelle des économies peuvent être envisagées en formulation. En effet, le choix de la valeur énergétique ou du taux protéique d'un aliment d'été est très impactant économiquement. Il convient de bien choisir les concentrations idéales permettant une performance optimale.

La comparaison des deux aliments C1 et C2, qui diffèrent seulement sur leur niveau énergétique, semble indiquer un ajustement de la consommation par les canards. Même si il n'est pas statistiquement significatif ( $P = 0,07$  entre 24 et 55 jours) Il faut noter que le nombre de répétition par traitement est limité et ne permet pas une comparaison précise des moyennes. Numériquement, la consommation est augmentée de 620 g pour près de 13,2 kg de consommation soit près de 5%. Dans le même temps, les GMQ sont réduits de près 2 g/jour. En effet, l'ingéré énergétique recalculé reste inférieur de 3% à celui du groupe C1, suggérant que le canard n'ajuste pas totalement son ingéré énergétique.

Dans le cas d'une modification du ratio E/P de l'aliment par l'augmentation du taux de protéine (régime C3 vs C1), la consommation n'est pas modifiée mais en revanche, la croissance est significativement réduite (-2 g/j de GMQ) et ce malgré l'augmentation de l'ingéré protéique. L'ingéré énergétique du groupe C3 est comparable à celui du groupe C1 c'est bien l'ingéré protéique qui pourrait être à l'origine des écarts de performances. Cet excès devient un coût énergétique car l'animal va cataboliser cet excès. Il est également connu en volaille de chair qu'un excès protéique conduit à une augmentation des fermentations dans le tube digestif souvent à l'origine de dysbioses qui vont « gaspiller » des nutriments.

Tout comme observé par Arroyo et al. (2015) l'augmentation du ratio E/P en élevage permet de moduler sensiblement la vitesse de croissance de canards sans impacter les performances de gavage. Cet essai démontre que la concentration de l'aliment soit par la baisse de l'énergie ou l'augmentation de la protéine en été (ratio E/P plus faible) n'est pas pertinente. Le choix d'un taux énergétique bas l'été est risqué car le canard ne semble pas réguler parfaitement son ingéré énergétique et un taux de protéines élevé n'est pas valorisé et semble même contre-productif. Le ratio E/P de 183 est le plus pertinent pour optimiser la performance dans cet essai. La relation linéaire entre le ratio E/P et les performances du canard mulard reste à investiguer.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble du personnel de la Ferme de l'Oie et du Canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arroyo J., F. Lavigne, C. Margetyal, O. Amador, C. Molette, Dubois J.P. 2015. 11<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tour, 25-26 Mars 2015 : 723-727.

Baéza, E., M. D. Bernadet, M. Lessire. 2012. J. Appl. Poultry Res., 21 : 21-32.

Fris Jensen, J. 1984. Working Group V: Method of dissection of broiler carcasses and description of parts. Terms used for parts of poultry in different languages ed. World's Poultry Science Association, European Federation, Denmark.

Leclercq, B., J. C. Blum, B. Sauveur, and P. Stevens. 1989. Alimentation des canards à rôtir. Pages 123–128 in L'alimentation des animaux monogastriques: Porc, lapin, volailles. Ed. INRA, Paris, France.

**Tableau 1.** Effet du ratio EM/protéines de l'aliment distribué en croissance finition sur les performances des canards mulards pendant la période d'élevage (n = 3)

Ratio EM/protéines	183	170	162	ESM	P
<b>Poids Vif (g)</b>					
PV J24	1053	1048	1055	4,1	NS
PV J56	3912	3891	3860	11,0	NS
PV J75	4646 <sup>a</sup>	4560 <sup>b</sup>	4534 <sup>b</sup>	15,1	**
<b>Consommation (g)</b>					
25-55 jours	8079	8457	8033	96	P = 0,14
56-75 jours	5145	5387	5112	62	NS
25-75 jours	13224	13844	13145	143	P = 0,07
<b>GMQ (g/jour)</b>					
GMQ 24-55	89,3	88,8	87,7	0,3	NS
GMQ 56-75	38,6 <sup>a</sup>	35,2 <sup>b</sup>	35,5 <sup>b</sup>	0,4	*
GMQ 24-75	72,0 <sup>a</sup>	70,0 <sup>b</sup>	70,0 <sup>b</sup>	0,5	**
<b>Indice de consommation (g/g)</b>					
IC 24-55	3,014	3,173	3,055	0,0	P = 0,06
IC 56-75	6,659	7,650	7,205	0,4	NS
IC 24-75	3,601	3,878	3,682	0,5	NS
<b>Mortalité (%)</b>					
	1,29	1,3	0,65		NS

Les moyennes des lignes ayant les mêmes exposants ne sont pas statistiquement différentes au seuil de P > 0,05

\* P < 0,05; \*\* P < 0,01; NS P > 0,05

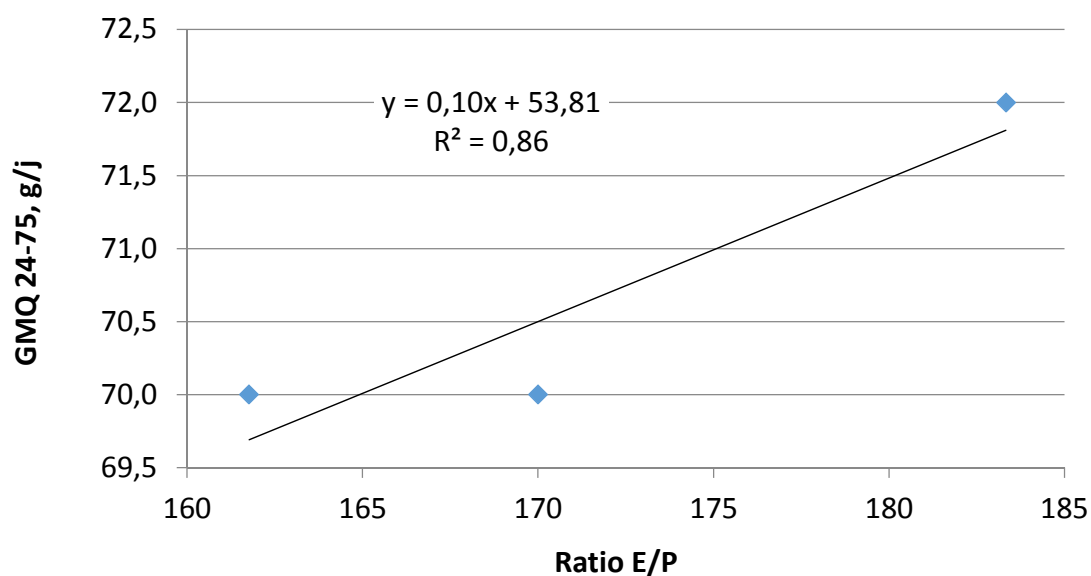


**Tableau 2.** Effet du ratio EM/protéines de l'aliment distribué en croissance finition sur les résultats de gavage (n = 72)

Ratio EM/protéines	183	170	162	ESM	P
Mortalité (%)	0	0	1,4		ns
Poids MEG (g)	4633 <sup>a</sup>	4558 <sup>ab</sup>	4514 <sup>b</sup>	19	*
Quantité d'aliment sec distribuée (g)	8639	8657	8624	14	ns
Poids vif à l'abattage (g)	6638 <sup>a</sup>	6516 <sup>b</sup>	6509 <sup>b</sup>	21	*
IC	4,35	4,47	4,39	0,03	ns
GP (g)	2004	1958	1994	15	ns
Poids de foie gras chaud (g)	769	752	772	6	ns
Carcasse éviscérée (g)	3503	3472	3470	14	ns
Poids de magret (g)	482	477	479	3	ns
Poids de muscle de magret (g)	314	312	314	2	ns
Poids de peau + gras sous-cutané du magret (g)	169	166	165	1	ns

\*\*\*, P < 0,001 ; \*\*, P < 0,01 ; \*, P < 0,05 ; NS, P > 0,05 ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil de P = 0,05.

**Figure 1.** Relation entre le GMQ pendant la période de croissance-finition et le ratio E/P du régime



# EFFET DES FIBRES DE COLZA SUR LA DIGESTIBILITE DU PHOSPHORE ET DU CALCIUM D'ALIMENTS SUPPLEMENTES OU NON EN PHYTASE MICROBIENNE CHEZ LE POULET DE CHAIR DE 21 JOURS

**Bournazel Marion<sup>1,2</sup>, Lessire Michel<sup>1</sup>, Klein Stéphanie<sup>2</sup>, Mème Nathalie<sup>1</sup>, Peyronnet Corinne<sup>3</sup>, Quinsac Alain<sup>4</sup>, Duclos Michel J.<sup>1</sup> et Narcy Agnès<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>INRA, UR83 Recherches Avicoles, 37380 NOUZILLY ;

<sup>2</sup>MiXscience, Centre d'affaires ODYSSEE, Z.A.C. Cicé Blossac – CS 17228, 35172 BRUZ ;

<sup>3</sup>Terres Univia, 11 rue Monceau, 75008 PARIS ;

<sup>4</sup>Terres Inovia, 11 rue Monge, Parc industriel, 33600 PESSAC

[agnes.narcy@inra.fr](mailto:agnes.narcy@inra.fr)

## RÉSUMÉ

L'incorporation de tourteau de colza dans les aliments est limitée par sa teneur élevée en phytates et en fibres alimentaires (FA). L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets des FA du colza et l'action de la phytase microbienne (*Aspergillus niger*) sur la digestibilité du phosphore (P) et du calcium (Ca). Pour ce faire, quatre niveaux de fibres ont été testés grâce à l'incorporation de tourteau de colza entier (AC1), de colza dépelliculé (AC2) ou de colza dépelliculé supplémenté en pellicules de colza (3,6% et 7,2% pour AC3 et AC4) dans des régimes contenant 0 ou 750 FTU de phytase/kg. De J10 à J21, 144 poulets mâles ont reçu l'un des huit aliments expérimentaux. A J21, les tibias et les organes ont été pesés et leur contenu prélevé. La digestibilité iléale apparente (DIA) et la rétention du P et du Ca ont été mesurées. Des contrastes polynomiaux ont été utilisés pour mesurer l'effet linéaire (Lin) de la phytase et de la graine dépelliculée, ainsi que les effets Lin et quadratique (Qua) de l'inclusion de pellicules. L'inclusion de pellicules dans les régimes supplémentés en phytase a entraîné une diminution du GMQ et du PV final (Lin,  $P < 0,05$ ). Le poids du proventricule-gésier était plus élevé dans les régimes contenant des pellicules et son pH plus faible (Lin,  $P < 0,10$ ). L'ajout de phytase a amélioré la DIA du P et la rétention du P et du Ca ( $P < 0,001$ ). L'apport de pellicules dans les régimes avec phytase a amélioré la DIA du P et du Ca (Lin, Qua,  $P < 0,01$ ), probablement grâce à une meilleure efficacité du proventricule-gésier. En revanche, la rétention du P et du Ca ainsi que la teneur en cendre ont été diminuées dans ces régimes, suggérant un déséquilibre au niveau métabolique ( $P < 0,01$ ). Il semble donc exister une interaction positive entre la phytase et les FA du colza sur la DIA du P et du Ca mais le niveau adéquat de FA et de Ca à apporter reste à déterminer.

## ABSTRACT

**Impact of rapeseed fibers on phosphorus and calcium digestibility in 21 days old growing broilers fed diets supplemented with or without microbial phytase.** The inclusion of rapeseed meal in diets is limited by its high content in phytates and dietary fiber (DF). The objective of this study was to evaluate the effects of DF from rapeseed and the action of microbial phytase (*Aspergillus Niger*) on the digestibility of phosphorus (P) and calcium (Ca). To do so, four levels of fiber were tested through the inclusion of regular rapeseed meal (AC1), of dehulled rapeseed meal (AC2) or dehulled rapeseed supplemented with rapeseed hulls (3.6% and 7.2% for AC3 and AC4) in diets containing 0 or 750 FTU phytase/kg. From d10 to d21, 144 broilers received one of eight experimental diets. On d21, tibias and organs were weighed and their contents removed. The apparent ileal digestibility (AID) and retention of P and Ca were measured. Polynomial contrasts were used to measure the linear effect (Lin) of the phytase and dehulled seed, and Lin and quadratic effects (Qua) of the inclusion of hulls. The inclusion of hulls in diets supplemented with phytase resulted in a decrease in average daily gain and final BW (Lin,  $P < 0.05$ ). The weight of the proventriculus-gizzard was higher in diets with hulls and its pH lower (Lin,  $P < 0.10$ ). The addition of phytase improved P DIA and the retention of P and Ca ( $P < 0.001$ ). The inclusion of hulls in diets with phytase improved the DIA P and Ca (Lin, Qua,  $P < 0.01$ ), probably due to better efficiency of the proventriculus-gizzard. However, the retention of P and Ca and ash content were reduced in these treatments, suggesting a metabolic imbalance ( $P < 0.01$ ). It seems to be a positive interaction between phytase and DF from rapeseed on the DIA of P and Ca but the adequate level of DF and Ca remains to be determined.

## INTRODUCTION

La durabilité des systèmes d'élevage repose en partie sur la valorisation de ressources locales telles que le tourteau de colza (TC). Cependant, son incorporation est limitée par sa teneur élevée en fibres alimentaires (FA), qui agissent comme diluants et facteurs antinutritionnels. Le procédé de dépelliculage de la graine de colza avant trituration apporte une amélioration intéressante pour les filières de monogastriques car il réduit la teneur en FA et augmente la teneur en protéines du TC (Carré et al., 2015). Cependant, l'effet de la teneur en FA du colza sur la digestibilité de phosphore (P) du poulet de chair n'a jamais été étudié, alors que le colza contient une quantité non négligeable de phytate (INRA-AFZ, 2002). Dans un contexte où l'apport alimentaire et les rejets de P demandent à être précisément maîtrisés, une meilleure description des interactions de cet élément avec les autres constituants de la matrice alimentaire s'avère nécessaire (Rousseau, 2013). D'après la littérature, les FA auraient des effets négatifs sur la digestibilité des nutriments mais ceux-ci dépendraient du niveau d'incorporation et des caractéristiques physico-chimiques des FA utilisées (viscosité, encombrement, etc.; Jimenez-Moreno et al., 2011). Un apport modéré pourrait néanmoins permettre de stimuler l'activité du proventricule-gésier (PG), avec une diminution du pH et un allongement du temps de transit dans ce compartiment (Mateos et al., 2014). Ces phénomènes pourraient ainsi améliorer la solubilisation des minéraux et potentialiser l'action de la phytase microbienne (PM) en amont de l'intestin grêle, principal site d'absorption du P et du calcium (Ca). L'objectif de notre étude est donc d'évaluer les effets des fibres natives du colza sur la digestibilité des minéraux chez le poulet de chair de 21 jours dans des régimes supplémentés ou non en PM.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Aliments expérimentaux

Un aliment prédémarrage (D1; J0-J5) et un aliment démarrage (D2; J6-J9) comprenant 2,5% et 8% de TC respectivement ont été formulés pour la phase d'adaptation. Huit régimes expérimentaux à base de maïs et de tourteau de soja ont été formulés de façon à couvrir les besoins du poulet en croissance (NRC, 2012), sauf pour le P et le Ca, sub-limitants dans les lots sans PM. Le ratio Ca : phosphore non phytique (PNP) était fixé à 2,1 dans tous les régimes. La teneur en FA et la forme du TC ont été modulées par l'ajout de TC standard, de TC dépelliculé, et de pellicules de colza issues du processus de dépelliculage (Tableaux 1 et 2). Chaque aliment était supplémenté ou non en PM (750 FTU/kg, Natuphos®, *Aspergillus niger*, BASF SE, Ludwigshafen, Allemagne). Afin de mesurer la digestibilité iléale du P et du Ca, du

**Tableau 1** - Caractéristiques analytiques des matières premières (sur matière brute)

Matières premières	TC	TC dépelliculé	Pellicules
Matière sèche, %	92,4	91,3	88,4
Protéines, %	31,7	37,8	19,4
Matières grasses, %	5,0	1,8	1,6
Cellulose brute, %	16,2	9,7	26,6
ADF, % <sup>1</sup>	19,6	12,7	40,7
NDF, % <sup>1</sup>	30,1	21,9	53,2
ADL, % <sup>1</sup>	8,2	4,3	21,0
Phosphore, %	0,97	1,19	0,41
Calcium, %	0,70	0,62	1,15
Glucosinolates, µmol/g	26,3	23,9	9,7

<sup>1</sup>Acid Detergent Fiber, Neutral Detergent Fiber et Acid Detergent Lignin.

dioxyde de titane (TiO<sub>2</sub>) a été ajouté dans tous les régimes expérimentaux (0,30%).

### 1.2. Animaux et conduite expérimentale

Deux cent poussins mâles de souche Cobb 500 ont été pesés, placés en cage par deux et nourris avec D1 de J0 à J5, puis avec D2 de J6 à J9. A J10, les animaux ont été pesés. Les 144 poulets les plus proches du poids moyen total ont été placés en cage individuelle et ont reçu l'un des 8 régimes expérimentaux (18 animaux/régime). La consommation d'aliment a été mesurée de J10 à l'abattage (J21). De J14 à J17, une période de bilan digestif a été réalisée, avec récolte individuelle des fientes. Celles-ci ont été pesées et congelées à -20°C avant d'être lyophilisées. Les animaux ont été pesés à J0, J10, et J21. Les animaux ont été mis à jeun 6h avant de les réalimenter de manière synchronisée selon leur rang d'abattage. A J21, les animaux ont été mis à mort par injection de pentobarbital sodique dans le sinus occipital. Le contenu de l'iléon distal ainsi que le tibia droit ont été prélevés sur l'ensemble des animaux. Le poids vide du proventricule-gésier (PG) et des caeca a été relevé et leur contenu a été prélevé. Les échantillons ont été conservés à -20°C jusqu'aux analyses chimiques.

### 1.3. Analyses chimiques

L'activité phytasique a été mesurée dans les régimes par colorimétrie après incubation dans une solution de phytate de sodium (Engelen et al., 1994). La teneur en matière sèche (MS) des régimes, fientes, et des contenus de l'iléon a été déterminée après 4 h dans une étuve à 103°C. Les échantillons ont ensuite été incinérés à 550°C pendant 8 h. Les cendres ont été solubilisées dans un mélange d'acide nitrique 16N et de peroxyde d'hydrogène 30% sur un bain à sec jusqu'à évaporation, et finalement diluées dans l'acide nitrique 0,4N. Le P et le Ca ont été dosés par spectrométrie à plasma à couplage inductif (ICP OES Thermoscientific™ iCAP™ 7200; P : 213,618 nm et Ca : 317,933 nm). Les tibias ont été séchés (103°C,

**Tableau 2** – Composition et caractéristiques nutritionnelles des régimes expérimentaux (% sur brut)

	Adaptation		Régimes croissance expérimentaux							
	D1	D2	AC1	AC1+	AC2	AC2+	AC3	AC3+	AC4	AC4+
Maïs	58,71	56,68	55,94	55,93	54,13	54,12	55,20	55,19	56,17	56,16
Tourteau de soja	34,50	30,80	25,20	25,20	26,80	26,80	25,10	25,10	23,40	23,40
Tourteau de colza	2,50	8,00	12,00	12,00						
Tourteau de colza dépelliculé					8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40
Pellicules de colza							3,60	3,60	7,20	7,20
Amidon			3,60	3,60	7,20	7,20	3,60	3,60		
Huile de soja	0,50	1,20	1,10	1,10	1,20	1,20	1,90	1,90	2,70	2,70
NaCl	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30
Phosphate bicalcique	2,06	1,70	0,50	0,50	0,61	0,61	0,63	0,63	0,64	0,64
Bicarbonate de sodium	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07
Carbonate de calcium	0,65	0,55	0,28	0,28	0,28	0,28	0,16	0,16	0,05	0,05
DL-méthionine	0,24	0,22	0,19	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-lysine	0,07	0,09	0,11	0,11	0,10	0,10	0,13	0,13	0,15	0,15
Phytase				0,0075		0,0075		0,0075		0,0075
Caractéristiques nutritionnelles										
Protéines <sup>1</sup> , %	21,5	21,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Energie métabolisable <sup>1</sup> , kcal/kg	2923	2930	3001	3001	3014	3014	2994	2994	2979	2979
Matières grasses <sup>1</sup> , %	3,2	3,8	4,1	4,1	3,8	3,8	4,5	4,5	5,3	5,3
Cellulose brute <sup>1</sup> , %	3,5	4,0	4,5	4,5	3,5	3,5	4,4	4,4	5,2	5,2
NDF <sup>1</sup> , %	11,1	11,9	12,9	12,9	10,8	10,8	12,8	12,8	14,8	14,8
Phytase <sup>2</sup> , FTU/kg	<100	<100	<100	1060	<100	920	<100	810	<100	1000
Phosphore total <sup>2</sup> , %	0,87	0,80	0,52	0,53	0,54	0,57	0,56	0,58	0,53	0,59
Phosphore non phytique <sup>1</sup> , %	0,50	0,45	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Calcium <sup>2</sup> , %	1,12	0,99	0,55	0,55	0,56	0,58	0,57	0,58	0,57	0,58
Calcium : PNP <sup>1</sup>	2,09	2,10	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12

Premix : 0,40% ; Anticoccidien : 0,02% ; TiO<sub>2</sub> : 0,30% ; <sup>1</sup>valeurs théoriques ; <sup>2</sup>valeurs analysées selon la section Matériel et Méthodes

12h) afin de déterminer la MS, puis minéralisés (550°C, 12h). La teneur en glucosinolates des tourteaux de colza entier et dépelliculé ainsi que des pellicules de colza a été déterminée par HPLC (ISO 9167 – 1 :1995). La teneur en cellulose brute de ces matières premières a été déterminée selon la méthode de Weende (NF-V03040) et le dosage des parois végétales (ADF, NDF et ADL) selon la méthode de van Soest et al. (1991, NF-V18122). La concentration en TiO<sub>2</sub> dans les régimes et les contenus digestifs a été déterminée par dosage colorimétrique (Short et al., 1996).

#### 1.4. Calculs et analyses statistiques

La rétention a été calculée entre J14 et J17 comme la différence entre le nutriment ingéré et le nutriment excrété dans les fientes. La digestibilité iléale a été mesurée à J21, X étant le P ou le Ca :

$$\text{Dig. iléale X, \%} = 100 - 100 * (\text{TiO}_{2\text{aliment}} / \text{TiO}_{2\text{iléon}}) * (\text{X}_{\text{iléon}} / \text{X}_{\text{aliment}})$$

Les données ont été soumises à une analyse de variance avec la procédure MIXED de SAS (Inst. Inc. Cary, NC). Le poulet était considéré comme l'unité expérimentale, le régime expérimental comme effet fixe, et le bloc comme facteur aléatoire. L'effet linéaire de la PM (Lin ; moyenne des régimes sans PM vs avec PM), l'effet linéaire du dépelliculage sans et avec PM (AC1 vs AC2) et les effets Lin et

quadratiques (Qua) de la teneur en pellicules, avec et sans PM (AC2 vs AC3 vs AC4), soient au total sept contrastes, ont été testés. Les différences sont considérées comme significatives lorsque la  $P < 0,05$  et une valeur de  $P \leq 0,10$  est interprétée comme une tendance statistique.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les teneurs en P et Ca des aliments étaient en adéquation avec les valeurs attendues (0,54% en moyenne pour le P et 0,53% en moyenne pour le Ca). L'activité de la phytase était supérieure aux 750 FTU/kg attendus mais cohérente entre régimes supplémentés, soit 1060, 920, 810 et 1000 respectivement pour AC1+, AC2+, AC3+ et AC4+. L'ajout de pellicules de colza riches en FA a entraîné une diminution du GMQ entre J10 et J21 (Lin,  $P = 0,072$  sans PM et  $P = 0,025$  avec PM) et du PV à J21 (Tableau 3 ; Lin,  $P = 0,028$  avec PM) sans que l'ingéré ne soit significativement modifié. La moindre teneur en énergie des régimes les plus concentrés en fibres n'a donc pas été compensée par une augmentation de l'ingestion, l'encombrement digestif ayant probablement été le facteur limitant. On peut toutefois noter une dégradation numérique de l'IC à mesure que le niveau de fibres augmente dans le régime, avec une diminution de la digestibilité de la MS (Lin,  $P < 0,001$  sans et avec PM). L'incorporation de tourteau issu de graines dépelliculées a permis une augmentation de la digestibilité de la MS par rapport

au régime tourteau graines entières ( $P < 0,05$ ). Les conséquences d'un régime riche en FA sur la digestibilité des nutriments chez le poulet de chair sont controversées. Il a été montré à de nombreuses reprises qu'un niveau modéré de fibres, sous la forme de coques d'avoine ou de pulpes de betterave par exemple, avait des effets positifs sur les performances de croissance, la digestibilité des nutriments et le bien-être animal (Jimenez-Moreno et al., 2009 ; Mateos et al., 2014). En revanche, un niveau élevé de FA dégrade l'IC et diminue la digestibilité des nutriments (Kalmendal et al., 2011). Il semble donc exister un seuil au-delà duquel les FA ont des effets négatifs sur les performances de croissance et la digestibilité des nutriments (Jiménez-Moreno et al., 2013), la nature des fibres modulant également ces réponses.

L'incorporation de pellicules de colza, majoritairement insolubles, ou de tourteau de colza issu de graines entières a stimulé le développement du PG (+2,7 en moyenne ; Lin,  $P < 0,01$ ; Tableau 3) par rapport aux régimes incluant du tourteau issu de graines dépelliculées. La taille des particules doit être réduite pour faciliter leur passage dans le duodénum, et les FA insolubles sont particulièrement difficiles à broyer (Hetland et al., 2002). Les particules les plus larges sont donc conservées plus longtemps dans ce compartiment, augmentant la sécrétion d'enzymes et d'HCl, diminuant le pH (Lin,  $P = 0,081$  sans PM). Ces conditions physico-chimiques et de transit sont particulièrement favorables à la solubilisation des minéraux (Guinotte et al., 1995). Par ailleurs, le PG est le lieu d'action de la PM qui permet l'hydrolyse des phytates avec deux pH optimaux à 2,5 et 5,5 (Kies et al., 2001). La combinaison de pellicules de colza et de PM a ainsi permis d'augmenter la digestibilité iléale du P (+8,5 points ; Lin,  $P < 0,001$  ; Tableau 4) et du Ca (+6,8 points ; Lin,  $P = 0,008$ ). En revanche, en l'absence de PM, la digestibilité iléale du P (-0,4 points ; Qua,  $P = 0,014$ ) et du Ca (-10,5 points ; Lin,  $P < 0,001$ ) a été diminuée. Ces résultats suggèrent donc un effet bénéfique et cumulatif des FA et de la PM et sont en adéquation avec ceux de Shang et al. (2015), qui ont montré une meilleure utilisation du P dans des régimes supplémentés en fructooligosaccharides et en PM par rapport à un régime contrôle.

L'ajout de PM a par ailleurs permis une meilleure rétention du P et du Ca (+5,2 et + 4,2 points, respectivement ;  $P < 0,001$ ) confirmant de nombreuses études (Sebastian et al., 1996; Tamim et al., 2004). Le dépelliculage de la graine de colza a eu un effet positif sur l'absorption de P (+ 3,8 points en moyenne;  $P = 0,051$  sans PM et  $P = 0,003$  avec PM) et de Ca (+2,5 en moyenne ;  $P = 0,011$  avec PM), probablement grâce à une meilleure accessibilité des

nutriments. La pellicule de colza est en effet très riche en fibres insolubles, qui représentent une matrice complexe et difficile d'accès aux enzymes et processus de digestion. La technique de dépelliculage permet donc de concentrer dans le tourteau les nutriments facilement accessibles. A l'inverse de la digestibilité iléale, la rétention du P (-5,1 en moyenne ; Lin,  $P = 0,004$  et Qua,  $P = 0,074$  sans PM et Lin,  $P < 0,001$  avec PM) et du Ca (-4,3 en moyenne, Qua,  $P = 0,050$  sans PM et Lin,  $P < 0,001$  avec PM) a été diminuée avec l'ajout de pellicules de colza. La rétention du P est d'ailleurs plus faible que la digestibilité iléale dans les régimes AC3+ et AC4+. Bien que la digestibilité iléale et la rétention n'aient pas été mesurées au même moment et avec la même méthode (i.e. collecte totale sur trois jours vs marqueur indigestible à un temps donné), ces résultats suggèrent qu'un autre facteur a limité le dépôt des minéraux au niveau métabolique. Pourtant, classiquement, il est admis que la croissance des tissus mous est indépendante de celle du tissu osseux. De plus, l'augmentation de l'absorption du P au niveau iléal a probablement été trop importante par rapport à l'absorption du Ca et celui-ci est donc devenu limitant pour le dépôt minéral. Ceci est confirmé d'une part par la diminution du Ca retenu et de sa rétention (-11% ; Lin,  $P = 0,010$  et -6,9 points; Lin,  $P < 0,001$ , respectivement) et d'autre part par la diminution de la teneur en cendres chez les animaux nourris avec des aliments riches en fibres et supplémentés en PM (-1,6 points ; Lin,  $P = 0,006$ ). En parallèle, l'ajout de pellicules dans les régimes supplémentés en PM a entraîné un poids relatif des caeca plus important (+0,5 points ; Lin,  $P = 0,061$ ) et une baisse du pH (-0,3 points; Lin,  $P = 0,088$ ). Les FA ont probablement favorisé les fermentations et la croissance de la flore microbienne, entraînant une légère hypertrophie et une acidification du milieu. Ceci implique un besoin supplémentaire de nutriments pour la croissance des populations bactériennes pouvant moduler l'excrétion fécale des acides aminés, des lipides et des minéraux (Metzler et al., 2008).

## CONCLUSION

La combinaison de l'ajout de pellicules de colza et de PM a eu des conséquences positives sur la taille du tube digestif, le pH du PG et la digestibilité iléale du P et du Ca. Néanmoins, cette amélioration a pu entraîner un déséquilibre métabolique, conduisant à une moindre rétention et à une baisse de la teneur en cendres des tibias : les résultats suggèrent un manque de Ca au niveau osseux. Il semble donc que les apports de Ca et de PM doivent être adaptés selon le niveau et le type de fibres présentes dans la ration.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Carré P., Quinsac A., Citeau M. et Fine F., 2015. OCL, 22 (3), D304.
- Engelen A.J., van der Heeft F.C., Randsdorp P.H. et Smit E.L., 1994. J. AOAC Int. 77:760–764.

- Guinotte F., Gautron J. et Nys Y., 1995. Br. J. Nut. (73), 125-139.
- Hetland H., Svihus B. et Olaisen V., 2002. Br. Poult. Sci. (43), 416-423.
- Sauvart D., Pérez J.M., Tran G. 2002, In : INRA-AFZ Coord., INRA Eds, Paris, pp. 291.
- Jimenez-Moreno E., Chamorro S., Frikha M., Safaa H.M., Lazaro R. et Mateos G.G., 2011. Anim. Feed Sci. Technol. (168) 100-112.
- Jiménez-Moreno E, González-Alvarado J.M., de Coca-Sinova A., Lázaro R. et Mateos G.G. 2009. Anim. Feed Sci. Technol. (154) 93-101.
- Kalmendal R., Elwinger K., Holm L. et Tauson R., 2011. Br. Poult. Sci. (52), 86-96.
- Kies A.K., Van Hemerd K.H.F. et Sauer W.C., 2001. World Poultry Sci. J. (57), 109-126.
- Mateos G.G., Jimenez-Moreno E., Guzman P., Saldana B. et Lazaro R., 2014. In: 5<sup>th</sup> international broiler nutritionists conference, pp. 207-216.
- Metzler B.U. et Monsenthin R., 2008. Asian-Aust. J. Anim. Sci. (21), 603-615.
- Rousseau X., 2013. Thèse de doctorat. Université de Tours, France, 150 p.
- Sebastian S., Touchburn S.P., Chavez E.R. et Lague P.C., 1996. Poult. Sci. (75), 729-736.
- Shang Y., Rogiewicz A., Patterson R., Slominski B.A. et Kim K.W., 2015. Poult. Sci. (94), 955-964.
- Short FJ, Gorton P, Wiseman J et Boorman K.N 1996. Anim. Feed Sci. Technol. 59, 215-221.
- Tamim N.M., Angel R. et Christman M., 2004. Poult. Sci. (83), 1358-1367.
- Van Soest P.J., Robertson J. et Lewis B.A., 1991. J. Dairy. Sci., 74, 3583-3597.

**Tableau 3.** Performances de croissance des animaux entre J10 et J21, teneur en cendres des tibias, poids et pH des contenus digestifs après abattage des animaux nourris avec les régimes expérimentaux

										P-value						
	AC1	AC1+	AC2	AC2+	AC3	AC3+	AC4	AC4+	Effet PM	1 vs 3	2 vs 4	3 vs 5	vs 7	4 vs 6	vs 8	
	1	2	3	4	5	6	7	8	SEM	Lin	Lin	Lin	Qua	Lin	Qua	
PV J10	288	288	286	292	291	285	288	284	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PV J21	862	860	871	891	849	858	845	843	5	ns	ns	ns	ns	0,028	ns	ns
GMQ, g/j	53,9	53,8	55,0	56,1	52,2	53,8	52,3	52,6	0,4	ns	ns	ns	0,072	ns	0,025	ns
Ingéré, g/j	81,4	82,6	82,8	83,9	80,1	83,2	79,8	81,0	0,6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
IC	1,52	1,53	1,51	1,50	1,54	1,53	1,53	1,52	0,01	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cendres, %MS	36,5	37,8	36,3	37,6	36,1	36,7	35,7	36,0	0,1	0,001	ns	ns	ns	ns	0,006	ns
Proventricule-gésier																
Poids vide, g/kg PV	26,0	26,7	23,3	24,6	25,2	26,6	25,9	27,3	0,3	0,011	0,007	0,032	0,006	ns	0,005	ns
pH	2,26	2,46	2,79	2,55	2,55	2,48	2,49	2,44	0,05	ns	0,003	ns	0,081	ns	ns	ns
Caeca																
Poids vide, g/kg PV	5,4	4,5	4,8	5,0	4,7	4,9	4,9	5,5	0,1	ns	0,037	0,068	ns	ns	0,061	ns
pH	6,14	6,24	5,99	6,33	6,27	6,27	6,08	6,03	0,04	ns	ns	ns	ns	ns	0,088	ns

PV : poids vif ; GMQ : gain moyen quotidien ; IC : indice de consommation.

**Tableau 4.** Digestibilité iléale J21 du phosphore et du calcium, absorption et rétention entre J14 et J17 du phosphore, calcium et digestibilité de la matière sèche

										P-value						
	AC1	AC1+	AC2	AC2+	AC3	AC3+	AC4	AC4+	Effet PM	1 vs 3	2 vs 4	3 vs 5	vs 7	4 vs 6	vs 8	
	1	2	3	4	5	6	7	8	SEM	Lin	Lin	Lin	Qua	Lin	Qua	
Iléon distal, J21																
Dig. iléale de P, %	42,4	51,2	45,4	53,1	50,0	56,2	45,0	61,6	0,8	<0,001	ns	ns	ns	0,014	<0,001	ns
Dig. iléale de Ca, %	38,2	41,0	45,3	38,4	41,1	40,8	34,8	45,2	0,7	ns	0,005	ns	<0,001	ns	0,008	ns
Bilan digestif, J14-J17																
P retenu mg/j	207	246	228	275	238	255	208	256	3	<0,001	0,063	0,011	0,077	0,036	0,090	ns
Rétention de P, %	48,8	54,3	51,7	58,9	51,9	54,2	47,3	53,1	0,5	<0,001	0,051	0,003	0,004	0,074	<0,001	ns
Ca retenu, mg/j	229	257	237	281	251	258	233	250	3	<0,001	ns	0,052	ns	ns	0,010	ns
Rétention de Ca, %	50,9	54,7	51,2	59,4	53,3	54,8	49,5	52,5	0,5	<0,001	ns	0,011	ns	0,050	<0,001	ns
Digestibilité MS, %	68,5	68,7	70,2	70,6	68,6	68,0	66,2	66,6	0,2	ns	0,002	<0,001	<0,001	ns	<0,001	ns

Dig.: digestibilité; P: phosphore ; Ca: calcium ; MS: matière sèche

## DIGESTIBILITE DE LA FEVEROLE ENTIERE OU DEPELLICULEE CHEZ LE POULET DE CHAIR

**Tormo Elodie<sup>1</sup>, Lessire Michel<sup>2</sup>, Carré Patrick<sup>3</sup>, Peyronnet Corinne<sup>1</sup>, Juin Hervé<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>TERRES UNIVIA – 11 rue de Monceau, CS 60003 – 75378 PARIS cedex 08,

<sup>2</sup>URA, INRA – 37380 NOUZILLY,

<sup>3</sup>OLEAD – rue Gaspard Monge, Parc Industriel Bersol II – 33600 PESSAC,

<sup>4</sup>EASM, INRA – 17700 SAINT PIERRE D'AMILLY

[e.tormo@terresunivia.fr](mailto:e.tormo@terresunivia.fr)

### RÉSUMÉ

La féverole est une matière première bien adaptée à l'alimentation des volailles, en raison de sa teneur et de la composition de sa protéine (26 à 30% MS, riche en lysine en particulier). Cependant, sa teneur élevée en fibres et la présence de facteurs antinutritionnels (tanins, vicine et convicine), lui confèrent une digestibilité moyenne chez le poulet. Le dépelliculage représente une voie d'amélioration possible. La digestibilité de 5 variétés de féveroles a été mesurée *in vivo* chez le poulet de chair : trois féveroles à faible teneur en vicine et convicine – Fabelle (récolte 2014), Tiffany (2015) et Lady (2015) – et deux féveroles classiques – Fanfare et Espresso (récolte 2015, deux lieux de culture). Deux séries de bilan digestifs ont été réalisées, avec 4 lots par série ; chaque lot de féverole a été divisé en deux sous-lots dont l'un a été dépelliculé à l'atelier pilote de transformation des oléoprotéagineux OLEAD. Le dépelliculage a entraîné une augmentation de la teneur en protéines de 1,4 à 3,9 points et 2,0 à 4,1 points dans les séries 1 et 2 respectivement, les variétés présentant des aptitudes au dépelliculage différentes. Les résultats de digestibilité font ressortir un effet positif du dépelliculage sur la teneur en EMAN de 95 à 368 kcal/kg MS et de 322 à 633 kcal/kg MS. La digestibilité des protéines a également augmenté de 0,8 à 5,6 points et de 4,5 à 5,3 points, pour les séries 1 et 2 respectivement. La présence de vicine et convicine n'affecte pas les valeurs de digestibilité des protéines mais diminue significativement l'EMAN des féveroles. Les valeurs de digestibilité de l'énergie et des protéines sont corrélées avec les teneurs en protéines et en NDF des graines avant et après dépelliculage. Les relations intra-lot les plus performantes ayant été obtenues avec le critère protéines, celui-ci semble être un indicateur cohérent de la qualité du dépelliculage. Une certaine variabilité intra et inter variété reste inexpliquée et pourrait être reliée à la composition structurale des fibres ainsi qu'à la présence de vicine et convicine dans les graines de féveroles.

### ABSTRACT

#### **Digestibility of whole and dehulled faba beans for growing broilers.**

Due to its protein content and composition (26 to 30 % MS, high in lysine), faba bean is an interesting feedstuff for poultry feeding. However its high content in fiber and the presence of anti-nutritional factors (tanins, vicine and convicine), confer to this grain a moderate digestibility value for broiler. Dehulling represents a possible way of improvement. The digestibility of 5 faba bean varieties was measured *in vivo* with broilers: 3 faba beans with low content of vicine and convicine – Fabelle (harvest 2014), Tiffany (2015) and Lady (2015) – and 2 common faba beans – Fanfare and Espresso (harvest 2015, 2 growing locations). Two series of digestive balance were conducted, with 4 batches each. Each batch faba bean was divided in two; one was dehulled in the pilot workshop OLEAD. The faba bean varieties presented different dehulling capacities. Dehulling increased the protein content, of 1.4 to 3.9 points and of 2.0 to 4.1 points for the series 1 and 2 respectively. The digestibility values highlighted a positive effect of dehulling on AMEn values, of 95 to 368 kcal/kg MS and of 322 to 633 kcal/kg MS. The protein digestibility was also increased, of 0.8 to 5.6 points and of 4.5 to 5.3 points, for the series 1 and 2 respectively. The vicine and convicine content did not affect protein digestibility but significantly reduced AMEn values of faba beans. Energy and protein digestibility values were correlated with the protein and the NDF contents of whole and dehulled faba beans. Best intra-batch relations were obtained using the protein content, which appear to be a coherent quality indicator for faba beans dehulling. An intra and inter variety variability remains unexplained and could be related to the fibers structural composition and the vicine and convicine content of faba beans.

## INTRODUCTION

La féverole (*Vicia faba* L.) est une légumineuse riche en protéines (26 à 30 % MS) et en amidon, avec un profil en acides aminés essentiels (riche en lysine et pauvres en acides aminés soufrés) complémentaire de celui des céréales. Sa richesse en fibres et en facteurs antinutritionnels (tannins et vicine/convicine) peut représenter un frein à son utilisation en alimentation des volailles. Les tannins, présents dans les téguments des graines, sont des composés phénoliques thermostables qui se caractérisent par leur capacité à précipiter les protéines, ce qui a pour effet de réduire la digestibilité de la fraction azotée de la ration et d'affecter les performances des monogastriques. La vicine et la convicine sont des glycosides pyrimidiques contenus dans les cotylédons des graines. Ces composés sont responsables d'une réduction du poids moyen des œufs chez les poules pondeuses.

Le dépelliculage représente une voie d'amélioration de la valeur nutritionnelle des graines de féveroles. Il s'agit d'un procédé peu coûteux et relativement simple à mettre en œuvre. Par l'élimination d'une grande partie des téguments, les teneurs en constituants pariétaux peu digestibles par le poulet sont fortement diminuées et les teneurs en protéines et en amidon sont concentrées. De plus, le dépelliculage est une alternative à la sélection de féveroles à fleurs blanches (sans tannins), abandonnée à ce jour à cause de problèmes de germination trop importants.

## 1. MATERIELS ET METHODES

La digestibilité de 5 variétés de féveroles à fleurs colorées a été mesurée *in vivo* chez le poulet de chair : trois féveroles à faible teneur en vicine et convicine – Fabelle (récolte 2014), Tiffany (2015) et Lady (2015) – et deux féveroles classiques – Fanfare et Espresso (récolte 2015, deux lieux de culture). Deux séries de bilan digestifs ont été réalisées, avec 4 lots par série ; chaque lot de féverole a été divisé en deux sous-lots dont l'un a été dépelliculé par l'atelier pilote des oléagineux et protéagineux OLEAD. L'équipement mis en œuvre pour le dépelliculage des féveroles comprend un décortiqueur-broyeur à cylindres DAMMAN-CROES, type D. 250x500 et un séparateur Denis D50. Les lots de féveroles de la seconde série ont subi une étape de séchage (séchoir deboffe) avant dépelliculage.

### 1.1. Animaux et mesures

La méthode de bilan est adaptée de celle proposée par Bourdillon et al, 1990 sur poulet. Elle comprend une période d'adaptation au régime expérimental, 3 jours d'alimentation contrôlée avec collecte totale et quotidienne des fientes ; un jeûne est pratiqué en début et fin de période de collecte. Les animaux (10 poulets Ross PM3 mâle, par régime) sont hébergés en

cage individuelle à partir de 17 jours d'âge et reçoivent l'eau et l'aliment à volonté. Les excréta sont collectés quotidiennement par cage pendant les 3 jours de bilan, entre 22 et 25 jours d'âge, congelés, lyophilisés et broyés à 0,5 mm puis homogénéisés. Les poulets sont pesés en début et fin de collecte.

Les bilans digestifs ont été réalisés dans un établissement agréé, et dans le cadre d'un projet autorisé par le Ministère de la Recherche le 03/08/2015 sous le numéro 2015040111006849.

### 1.2. Aliments

Pour chaque série, les aliments bilan étaient préparés à partir de la matière première testée (incorporée à 30 %), d'un prémélange (vitamines, minéraux et oligo-éléments et méthionine, 3,15%) et de la base. Les valeurs de la base, constituée de blé (56,2%), maïs (37,6%) et huile (6,2%), ont été calculées par régression sur 3 aliments contenant 15, 30 et 45 % de tourteau de soja pour chaque série.

### 1.3. Analyses et calculs

Les aliments et les fientes lyophilisées sont analysés pour leurs teneurs en azote (Kjedhal) et énergie brute (calorimètre isopéribole IKA 7000), et en acide urique pour les fientes. Les valeurs d'énergie métabolisable (EM) sont exprimées en EM apparente à bilan azoté nul (EMAN). Les valeurs de digestibilité des matières premières ont été calculées à partir des résultats de la base et des aliments expérimentaux, en considérant l'additivité des constituants.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Le rendement en amande du dépelliculage appliqué aux différents lots de féveroles varie de 52,9 à 69,2 % et de 65,9 à 67,0 % pour les séries 1 et 2 respectivement (Tableau 1). Dans la première série, la variété Tiffany présente le meilleur rendement en amande tandis que la variété Fabelle présente le rendement le plus faible. Fabelle était également la variété avec le plus fort taux d'humidité ainsi que la concentration en lignine la plus importante (0,8 % MS). Dans la seconde série les différents lots de féveroles présentent des rendements en amandes similaires. On observe cependant des effets différents sur les composants pariétaux. De ce point de vue, la variété Espresso présente le meilleur niveau de dépelliculage avec une diminution de 60,6 % de sa teneur en NDF contre des diminutions de 43,7 %, 35,4 % et 22,0 % pour Fabelle, Lady et Fanfare respectivement. Les rendements en amandes obtenus par dépelliculage ne sont corrélés avec aucun des critères de composition des féveroles entières sauf pour le taux d'humidité ( $r = -0,81$ ).

Les teneurs en protéines et en amidon des féveroles sont augmentées par le dépelliculage. Les teneurs en protéines sont augmentées de 1,5 à 2,7 points selon les variétés dans la première série, la variété Tiffany



présentant l'augmentation la plus élevée. Dans la seconde série, les teneurs en protéines sont augmentées de 2,0 à 4,1 points. La variété Espresso qui présentait la diminution la plus forte en NDF présente l'augmentation en protéines la plus faible. Il existe en effet une corrélation significative mais faible ( $r = -0.59$ ) entre les teneurs en MAT et en NDF de l'ensemble des fèves étudiées.

Les coefficients d'utilisation digestive de l'azote (CUDN) des fèves entières varient de 73,4 à 78,7 % dans la série 1 et de 74,1 à 75,7 % dans la série 2. Dans la série 1 le dépelliculage améliore significativement le CUDN de la variété Tiffany seulement (+ 7,6 %,  $P < 0,05$ ). On observe tout de même une amélioration non significative de +3,7 et +4,5 % pour les variétés Espresso et Fanfare respectivement. Seule la variété Fabelle présente une très faible amélioration de son coefficient de digestibilité des protéines de 1,0 %. Dans la seconde série on observe une amélioration significative et homogène des CUDN des quatre variétés étudiées, de + 6,0 à + 7,1 %. L'amélioration de la digestibilité des protéines des fèves par le dépelliculage est principalement due à l'élimination des tannins. Plusieurs auteurs ont en effet démontré l'effet négatif des tannins sur la digestibilité de l'azote, le dépelliculage des fèves à fleurs colorées ayant un effet beaucoup plus marqué que sur des fèves à fleurs blanches (Lacassagne et al., 1991 ; Longstaff et al., 1991).

Les valeurs d'EMAN des fèves entières varient de 2317 à 2497 kcal/kg MS dans la série 1 et de 2615 à 2910 kcal/kg MS dans la série 2. Le dépelliculage des fèves entraîne une amélioration significative des EMAN ( $P < 0,001$ ) sauf pour les variétés Espresso et Fanfare dans la série 1 et la variété Fanfare dans la série 2. L'augmentation des EMAN en valeur absolue reste conséquente pour l'ensemble des fèves étudiées, de + 4 à + 15 % et de + 12 à + 23 % pour les séries 1 et 2 respectivement. Ces résultats sont en accord avec la bibliographie qui reporte des améliorations de l'EMAN des fèves de + 15 à + 19 % chez le poulet de chair (Lacassagne et al., 1991 ; Nalle et al., 2010 ; Pastuszewska et al., 1992). Cette amélioration de la digestibilité de l'énergie est en partie due à la meilleure digestibilité des protéines mais aussi à la réduction des teneurs en fibres indigestibles dans les graines dépelliculées.

La présence de vicine et convicine (VC) ne semble pas affecter la digestibilité des protéines des fèves ( $P > 0,05$ ). Le CUDN moyen des fèves VC- est de 77,6 % contre 76,2 % pour les fèves VC+. De même l'effet du dépelliculage sur les fèves avec et sans VC n'est pas différent ( $P > 0,05$ ). Les valeurs d'EMAN des fèves VC- sont significativement plus élevées pour les graines entières (2627 vs. 2493 kcal/kg MS) et dépelliculées (3072 vs. 2803 kcal/kg

MS). Il n'apparaît pas d'interaction significative entre le caractère VC et le dépelliculage, même si celui-ci semble avoir un effet plus marqué sur l'EMAN des fèves VC- (+ 17 % vs. + 12 % pour les fèves VC+). La concentration des teneurs en vicine et convicine par le procédé de dépelliculage pourrait expliquer cette variabilité et une analyse de ces composés serait nécessaire pour valider cette hypothèse. L'effet de la vicine et convicine a été relativement peu étudié chez le poulet de chair. Les travaux de Métayer et al. (2003) et de Vilarino et al. (2009) démontrent un effet négatif de ces composés sur les valeurs EMAN des fèves chez le poulet, et pas d'effet sur la digestibilité des protéines.

Les améliorations des valeurs de digestibilité de l'azote et de l'énergie ne sont pas corrélées avec le rendement en amande du dépelliculage ( $P > 0,05$ ). En revanche les valeurs de CUDN sont significativement corrélées à la teneur en MAT ( $r = 0,79$ ) et à la teneur en NDF ( $r = -0,85$ ) des fèves avant et après dépelliculage. De même les valeurs d'EMAN sont significativement corrélées aux teneurs en MAT ( $r = 0,82$ ) et en NDF ( $r = -0,58$ ) des fèves avant et après dépelliculage. Les valeurs des deux séries ont été traitées par régression linéaire, les meilleurs modèles intra-lot obtenus sont ceux utilisant la MAT comme variable de description :  $CUDN = 32,30 + 1,57 * MAT$  (ETR = 0.86 % ;  $R^2 = 95.0\%$  ; Figure 1) ;  $EMAN = -1439 + 143 * MAT$  (ETR = 126 kcal/kg MS ;  $R^2 = 94.4\%$  ; Figure 2). Selon ces deux modèles, une augmentation de 1 point de MAT (%MS) des fèves par dépelliculage entraîne en moyenne une amélioration de 1,6 points de CUDN et de 143 kcal/kg MS d'EMAN.

## CONCLUSION

Cette étude a démontré l'effet positif du dépelliculage sur la valeur nutritionnelle des fèves à fleurs colorées, en particulier sur les valeurs de digestibilité de l'azote et de l'énergie chez le poulet. La qualité du dépelliculage présente une variabilité intra et inter variété mais les rendements en amandes n'ont pas pu être corrélés aux caractéristiques chimiques des graines. L'humidité des graines semble cependant avoir un fort impact sur la capacité de séparation des téguments et des cotylédons, le séchage des graines avant dépelliculage ayant un effet positif.

Les améliorations des valeurs de digestibilité de l'énergie et de l'azote ont pu être modélisées efficacement par les teneurs en MAT des graines avant et après dépelliculage. Ce dernier critère semble donc être un indicateur cohérent de l'efficacité du procédé de dépelliculage et de la qualité de la fraction amande obtenue. Une partie de la variabilité observée sur les valeurs de digestibilité de l'énergie pourrait également s'expliquer par les teneurs en vicine et convicine des différentes variétés de fève étudiées.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bourdillon A., Carré B., Conan L., Francesch M., Fuentes M., Huyghebaert G., Janssen W.M., Leclercq B., Lessire M., McNab J., Rigoni M. et Wiseman J., 1990. Br. Poult. Sci., (31), 567-576
- Lacassagne L., Melcion J. P., Monredon F. de, Carré B., 1991. Anim. Feed Sci. Tech., 34 (1-2), 11-19
- Longstaff M., McBain B., McNab J. M., 1991. Anim. Feed Sci. Tech., 34 (1-2), 147-161
- Métayer J.P., Barrier-Guillot B., Skiba F., Crépon K., Bouvarel I., Marget P., Duc G., Lessire M., 2003. Cinquièmes Journées de la Recherche Avicole, 133-136
- Nalle C. L., Ganesharanee Ravindran, Velmurugu Ravindran, 2010. J. Sci. of Food and Agri., 90 (7), 1227-1231
- Pastuszewska P., Smulikowska S., Chibowska M., Janowska G., 1992. 1ère Conférence Européenne sur les Protéagineux
- Vilarino M., Métayer J. P., Crépon K., Duc G., 2009. Anim. Feed Sci. Tech., 150 (1/2): 114-121

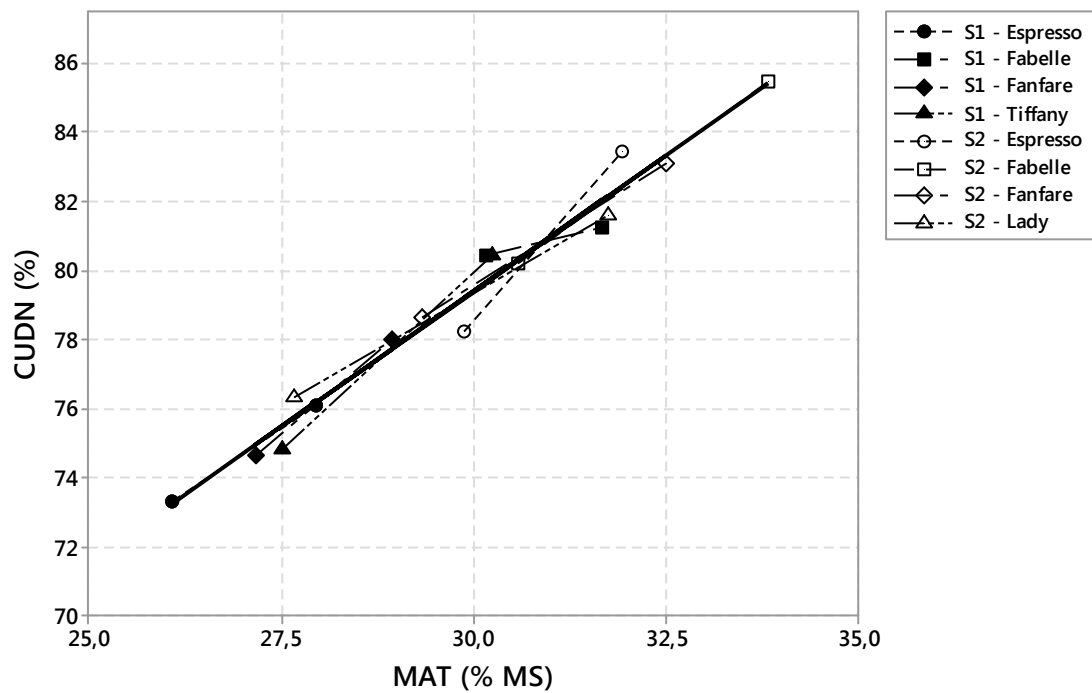
**Tableau 1.** Résultats de composition et de digestibilité des fèves entières et dépelliculées.

Variétés		MS (%)	MAT (%MS)	NDF (%MS)	EB (kcal/kg MS)	EMAn (kcal/kg MS)	CUDN (%)	Rendement en amande
<b>Série 1</b>								
Espresso	entière	89,3	26,1	17,4	4422	2317 <sup>c</sup>	73,4 <sup>d</sup>	
	décortiquée	89,0	28,0	13,6	4448	2543 <sup>bc</sup>	76,1 <sup>bcd</sup>	61,5 %
Fanfare	entière	89,3	27,2	19,0	4431	2336 <sup>c</sup>	73,9 <sup>cd</sup>	
	décortiquée	89,1	28,9	9,3	4464	2431 <sup>bc</sup>	77,2 <sup>abc</sup>	61,5 %
Tiffany	entière	89,3	27,5	17,0	4443	2340 <sup>c</sup>	74,5 <sup>cd</sup>	
	décortiquée	88,9	30,2	7,0	4484	2689 <sup>ab</sup>	80,1 <sup>a</sup>	69,2 %
Fabelle	entière	85,8	30,2	16,0	4493	2497 <sup>bc</sup>	78,7 <sup>ab</sup>	
	décortiquée	85,4	31,7	11,3	4531	2865 <sup>a</sup>	79,5 <sup>ab</sup>	52,9 %
<b>Série 2</b>								
Espresso	entière	88,2	29,9	18,8	4489	2710 <sup>b</sup>	75,7 <sup>bc</sup>	
	décortiquée	88,1	31,9	7,4	4525	3344 <sup>a</sup>	80,9 <sup>a</sup>	66,5 %
Fanfare	entière	88,8	29,3	16,8	4485	2615 <sup>b</sup>	74,1 <sup>c</sup>	
	décortiquée	88,8	32,5	13,1	4517	2937 <sup>b</sup>	78,5 <sup>ab</sup>	66,3 %
Lady	entière	88,6	27,7	15,8	4446	2910 <sup>b</sup>	74,4 <sup>c</sup>	
	décortiquée	88,5	31,8	10,2	4499	3375 <sup>a</sup>	79,7 <sup>a</sup>	65,9 %
Fabelle	entière	89,7	30,6	17,4	4486	2774 <sup>b</sup>	74,3 <sup>c</sup>	
	décortiquée	89,8	33,8	9,8	4528	3391 <sup>a</sup>	79,6 <sup>a</sup>	67,0 %

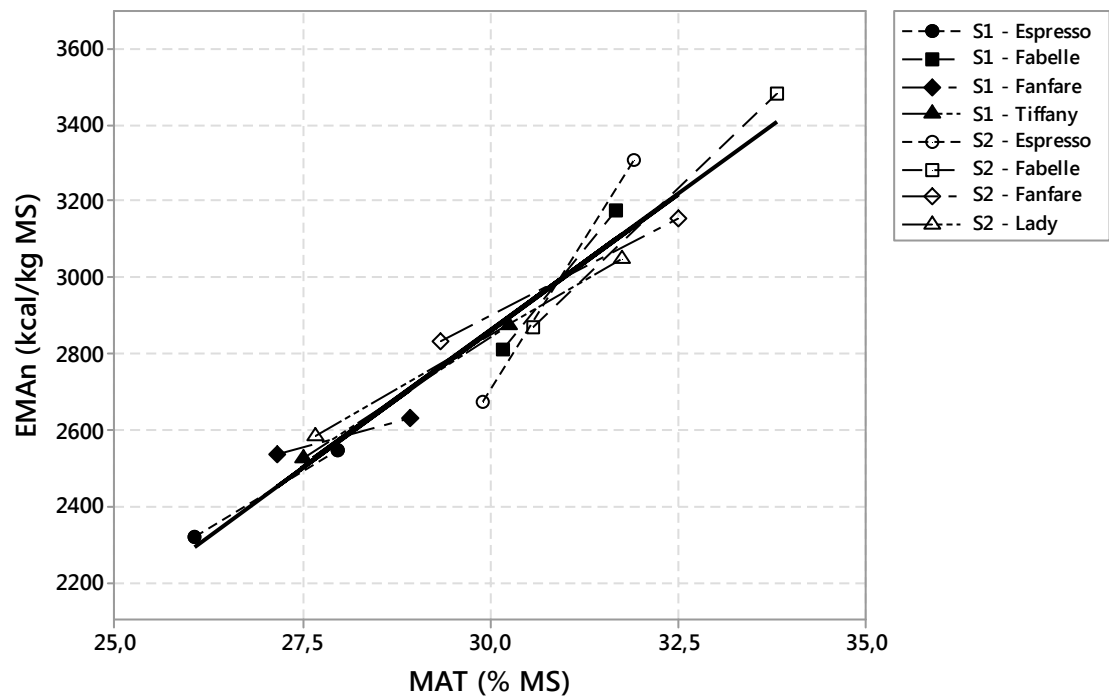
MS : matière sèche ; MAT : matières azotées totales ; NDF : neutral detergent fiber ; EMAn : énergie métabolisable apparente à bilan azoté nul ; CUDN : coefficient d'utilisation digestive de l'azote

<sup>a, b, c</sup>: les moyennes d'une même série ne partageant aucune lettre sont significativement différentes

**Figure 1.** Relation intra-lot du coefficient d'utilisation digestive de l'azote en fonction de la teneur en protéines des fèves entières et dépelliculées



**Figure 2.** Relation intra-lot du coefficient de l'EMAn en fonction de la teneur en protéines des fèves entières et dépelliculées



**REDUCTION DU TAUX PROTEIQUE DANS L'ALIMENT FINITION CHEZ LE  
POULET DE CHAIR : EFFETS SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES,  
LES RENDEMENTS ET LA QUALITE DE LA VIANDE**

**Belloir Pauline<sup>1,2</sup>, Méda Bertrand<sup>2</sup>, Lessire Michel<sup>2</sup>, Juin Hervé<sup>3</sup>, Corrent Etienne<sup>1</sup>,**

**William Lambert<sup>1</sup>, Tesseraud Sophie<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>AJINOMOTO EUROLYSINE S.A.S, 153 rue de Courcelles, 75017 PARIS Cedex 17

<sup>2</sup>URA, INRA, 37380 NOUZILLY

<sup>3</sup>EASM, INRA, 17700 SAINT-PIERRE-D'AMILLY

sophie.tesseraud@inra.fr

**RÉSUMÉ**

Cette étude présente deux essais ayant pour objectif de quantifier l'effet sur les performances zootechniques, les rendements et la qualité de la viande, de la réduction de la MAT en finition chez le poulet de chair à croissance rapide. Les deux essais présentés étudiaient une gamme de variations en MAT des régimes entre 19 et 15% (Essai 1) et 16% (Essai 2). Les aliments contenant 0,9% de lysine digestible, ont été formulés afin que les teneurs en acides aminés (AA) respectent à minima les ratios AA:Lys du profil de protéine idéale de Mack *et al.* (1999), mais ont été réévalués pour la thréonine et l'arginine (dThr:dLys = 68 au lieu de 63 ; dArg:dLys = 108 au lieu de 112). Ces aliments ont été distribués *ad libitum* à des poulets Ross PM3 mâles élevés au sol entre 21 et 35 jours d'âge. Dans les deux essais, le poids vif final et le gain de poids des poulets n'ont pas été affectés significativement par la baisse de MAT. De même, cette baisse n'a pas eu d'effet significatif sur la consommation mais l'indice de consommation a été significativement dégradé dans l'Essai 1 à partir de 16% de MAT. Dans les deux essais, le rendement filet n'a pas été altéré par la baisse de MAT tandis que l'engraissement de la carcasse a significativement augmenté. Dans l'Essai 2, la qualité de la viande du filet a également été mesurée. Une augmentation significative du pH ultime du filet avec la baisse de MAT, ainsi qu'une baisse de la luminance et de l'exsudat ont été observées. Ainsi, l'utilisation d'un profil en acides aminés adéquat permet de réduire, en finition, la teneur en MAT jusqu'à 17% sans dégrader les performances des animaux, les rendements ou la qualité de la viande. En outre, la réduction de la MAT a des bénéfices environnementaux (e.g. baisse des rejets azotés) qui ont été évalués dans une étude complémentaire (Méda *et al.*, JRA-JRPFG 2017)

**ABSTRACT**

**Reducing crude protein content in broiler feeds: Impact on animal performance, meat quality**

The aim of this study was to investigate the effect of decreasing Crude Protein (CP) content on animal performance and meat quality in growing-finishing broilers using an optimized dietary amino acid (AA) profile based on the ideal protein concept. Two experiments (Exp 1 and Exp 2) were performed using day-old PM3 Ross male broilers (1520 and 912 respectively for Exp 1 and Exp 2) using the ideal AA profile proposed by Mack *et al.* (1999) adjusted for Threonine (Thr) and Arginine (Arg). More specifically, the dThr:dLys ratio was increased from 63 to 68 and the dArg:dLys ratio was decreased from 112 to 108. In Exp 1, the reduction of dietary CP from 19 to 15% did not alter Feed Intake or Body Weight, but the Feed conversion ratio was increased for the 16 and 15% CP diets ( $P < 0.01$ ), while in Exp 2 there was no effect of dietary CP on animal performance. In both experiments, dietary CP content did not significantly affect breast meat yield. However, abdominal fat content was increased by the decrease in CP ( $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  for Exp 1 and 2 respectively). In Exp 2, meat quality criteria responded to dietary CP content with higher ultimate pH and lower lightness and drip loss in the low CP diets. In conclusion, this study demonstrates that with an adapted AA profile, it is possible to decrease dietary CP content at least until 17% in growing-finishing male broilers, without altering animal performance and meat quality. Moreover, decreasing CP content can also be an efficient way to reduce environmental burden associated to nitrogen excretion as reported by Méda *et al.*, JRA-JRPFG 2017.

## INTRODUCTION

La réduction de la teneur en protéines ou matière azotée totale (MAT) des aliments destinés au poulet de chair est un enjeu majeur pour la durabilité de la filière avicole aux niveaux économiques, environnementaux et sociaux (Recoules *et al.*, 2016). La réduction de la MAT permet notamment de diminuer la dépendance au soja importé d'Amérique du Sud mais nécessite l'utilisation d'acides aminés industriels afin de maintenir un apport suffisant en chacun des acides aminés (AA). Ainsi, pour équilibrer la ration, le formulateur et le nutritionniste s'appuient sur un « profil idéal » en AA indispensables (AAI) garantissant par exemple un maximum de performance. Le profil est classiquement défini comme la teneur en différents AAI digestibles dans l'aliment exprimée % de la lysine (Lys) digestible. Bien que de nombreux profils existent dans la littérature (NRC, 1994 ; Mack *et al.*, 1999 ; Rostagno *et al.*, 2011), de nombreux travaux expérimentaux n'ont pas réussi à réduire la MAT de façon importante sans dégrader les performances (gain de poids, indice de consommation) ou les rendements (carcasse, filet), comme rapporté par Belloir *et al.* (2015), probablement en raison d'un apport inadéquat en AA. L'objectif de cette étude, basée sur deux essais expérimentaux, était d'étudier l'effet d'une baisse de MAT chez le poulet de chair en finition à l'aide d'aliments formulés en respectant, comme contrainte minimale, le profil idéal de Mack *et al.* (1999) réévalué pour l'arginine et la thréonine. Dans ces conditions, pour certains AA (AA soufrés, Thr) la contrainte est strictement respectée quelle que soit la teneur en MAT, pour d'autres (Val, Arg...) le ratio en % de la Lys augmente lorsque l'apport en MAT augmente.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Deux essais successifs (Essais 1 et 2) ont été conduits respectivement à l'Unité Expérimentale INRA EASM du Magneraud et à l'Unité Expérimentale INRA PEAT à Nouzilly.

### 1.1. Animaux et design expérimental

3000 (Essai 1) et 2000 (Essai 2) poussins mâles Ross PM3 ont été élevés au sol en groupe de 0 à 21 jours d'âge. Tous les poulets ont été nourris à volonté avec les mêmes régimes de démarrage (0-10 jours) et de croissance (10 - 21 jours). A 21 jours, les animaux ont été pesés individuellement puis 1520 et 912 (Essais 1 et 2 respectivement) ont été sélectionnés pour avoir des lots de poulets de poids homogène (poids moyen des animaux tous parquets confondus :  $945g \pm 90g$ ). Ces animaux ont ensuite été placés au sol dans 40 et 24 parquets de 3m<sup>2</sup> (Essais 1 et 2 respectivement ; 8 parquets de 38 animaux /traitement). Au cours de la

période expérimentale, les animaux ont reçu de l'eau et l'aliment expérimental *ad libitum*.

### 1.2 Aliments expérimentaux

Les aliments expérimentaux (présentés sous forme de granulés) utilisés entre 21 et 35j sont décrits dans les Tableaux 1 et 2. Ils ont été formulés en fixant comme contraintes minimales les concentrations en AAI résultant de l'utilisation du profil de Mack (Mack *et al.*, 1999) réévalué pour la thréonine (dThr:dLys=68 au lieu de 63) et l'arginine (dArg:dLys=108 au lieu de 112) selon les conclusions de Belloir *et al.* (2015b) et de Rostagno *et al.* (2011). Il est à noter que les régimes ont été formulés sur le ratio AA soufrés totaux, et non pas Méthionine (Met) et Cystéine (Cys) séparément. La Cys n'étant pas disponible en nutrition animale, seul l'ajout de Met permet de maintenir le ratio AA soufrés : Lys, ce qui justifie pourquoi le ratio dMet :dLys ne cesse de croître.

Dans l'Essai 1, les deux régimes extrêmes à 19 et 15% de MAT ont été formulés par programmation linéaire. Puis, trois régimes intermédiaires à 18, 17 et 16% de MAT ont été obtenus par mélange entre les régimes 19 et 15% (75%:25%, 50%:50% et 25%:75%). Dans l'Essai 2, les trois régimes ont été formulés par programmation linéaire. Les autres caractéristiques nutritionnelles telles que l'énergie métabolisable (2980 kcal/kg) ou les niveaux de minéraux étaient identiques dans l'ensemble des régimes (Tableaux 1 et 2). La teneur en Lys digestible a été fixée à un niveau sub-limitant (9 g/kg, Lessire *et al.*, 2013), pour s'assurer que les variations dans les réponses ne sont dues qu'à des changements de MAT.

Afin d'assurer les apports en MAT et AAI, leurs teneurs dans les matières premières avant formulation puis dans les aliments ont été analysées et ces dernières sont conformes aux valeurs attendues. Les teneurs en AA digestibles ont été calculées à partir des valeurs de digestibilité données par Sauvante *et al.* (2004).

### 1.3. Mesures de performances et de qualité

Pour chaque parquet, le poids vif moyen à 21j et 35j a été mesuré ainsi que la consommation totale et le gain de poids total sur la période expérimentale. L'indice de consommation par parquet a également été calculé. Pour chaque traitement, 32 animaux (4 par parquet) ont été prélevés et abattus. Les carcasses ont été effilées puis stockées en chambre de ressuage une nuit à +2°C. Le lendemain, elles ont été pesées puis découpées afin de déterminer le rendement en filet (*Pectoralis major* et *minor*) et l'engraissement de la carcasse (% de gras abdominal).

Sur le muscle *Pectoralis major* droit, le pH ultime (pHu) de la viande ainsi que sa luminance (L\*) ont été mesurés selon la procédure décrite par Berri *et al.* (2007). Les muscles ont ensuite été placés dans des sacs plastiques zippés puis mis à égoutter à +2°C

pendant 4 jours. Les pertes par exsudation ont été déterminées par différence entre le poids avant et après égouttage et exprimées en % du poids initial.

#### 1.4 Analyses statistiques

Les données de performances, de rendements et de qualité de viande ont été analysées par ANOVA au seuil de significativité de 5% à l'aide du logiciel SAS (procédure GLM). Pour les performances de croissance, de consommation et d'indice de consommation, l'unité expérimentale était le parquet (n=8 parquet/traitement), tandis que pour les critères de rendement et de qualité de la viande l'unité expérimentale était l'animal (n=32 animaux par traitement). La normalité des données a été vérifiée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Performances zootechniques

L'objectif de l'étude était de tester une baisse de la MAT en respectant *a minima* le profil adapté de Mack *et al.*, 1999. Dans les deux essais, la mortalité des animaux est de 2,5% sans effet lié au taux protéique du régime. Il est à noter que les performances et rendements en filet sont d'un très bon niveau, suggérant que le niveau de dLys utilisé n'est que légèrement sub-limitant, permettant à l'animal d'exprimer son potentiel.

Dans les deux essais, le poids vif à 35j, le gain de poids et la consommation totale n'ont pas été affectés significativement par la baisse de MAT (Tableaux 3 et 4). Toutefois, l'indice de consommation a été dégradé dans l'Essai 1, avec des valeurs plus élevées à partir de 16% de MAT dans l'aliment finition ( $P < 0,01$  ; Tableau 3). Bien que sans conséquence sur l'indice de consommation, une tendance forte à l'augmentation de l'ingestion a été observée dans l'Essai 2 ( $P = 0,053$  ; Tableau 4). Une explication serait que les animaux pourraient avoir cherché à augmenter leur ingestion d'AAI pour satisfaire leurs besoins de croissance en lien avec leur potentiel génétique (Emmans, 1997).

Alors que de nombreux travaux de la littérature montrent qu'en général une baisse de la MAT affecte négativement les performances zootechniques (Belloir *et al.*, 2015a), les résultats obtenus montrent ici qu'une baisse de la MAT de 2 voire 3 points est possible chez le poulet de chair en finition. Pour cela, un apport adéquat en AAI dans l'aliment doit être maintenu. Ainsi, le profil de Mack *et al.* (1999) peut être utilisé, mais il est nécessaire d'ajuster les ratios dArg:dLys et dThr:dLys (108 au lieu de 112 et 68 au lieu de 63, respectivement).

### 2.2. Qualité de la carcasse et de la viande

Dans les deux essais, le % de gras abdominal a significativement augmenté avec la baisse de MAT

(Tableaux 3 et 4). Ce résultat est en accord avec la littérature (Namroud *et al.*, 2008). Une des hypothèses pour expliquer cette différence d'engraissement serait le ratio énergie/ protéines qui augmente avec la baisse de protéines (+27% d'énergie par point de MAT entre les régimes à 19% et 15%). Ainsi, dans les régimes à bas taux protéique, l'excédent d'énergie serait stocké sous forme lipidique (gras abdominal). Les variations de consommation observées dans les deux essais lors de la baisse de MAT pourraient également contribuer à expliquer ce phénomène.

Alors que l'engraissement de la carcasse a augmenté, le rendement filet n'a pas été dégradé par la baisse de MAT au moins jusqu'à 16% (Tableaux 3 et 4). Ces résultats sont en contradiction avec les résultats issus de la littérature où le rendement filet est généralement diminué avec la baisse de MAT (Namroud *et al.*, 2008). Ceci suggère que l'utilisation d'un profil en AA adapté permet une maximisation du potentiel de rendement filet. De plus, une forte tendance à l'augmentation du rendement filet a été observée dans l'Essai 2 ( $P = 0,06$  ; Tableau 4) et pourrait être reliée à la légère surconsommation évoquée précédemment. En effet, une ingestion supérieure de lysine dans les régimes à bas taux protéique pourrait avoir stimulé la croissance musculaire, et donc augmenter le rendement filet, la lysine étant connue pour être un des acides aminés favorisant le plus le dépôt protéique musculaire (Tesseraud *et al.*, 2014).

Concernant les critères de qualité des produits, le pH ultime (pHu) de la viande a augmenté avec la baisse de MAT (Tableau 4). Le pHu de la viande est négativement corrélé à la teneur en glycogène du muscle (Berri *et al.*, 2007). L'apport des AA avec un profil plus équilibré (associé à la réduction de la MAT) réduirait les excès en certains AA, diminuant leur utilisation à des fins énergétiques et donc le stockage de glucose sous forme de glycogène dans le muscle. En outre, l'augmentation du pHu est associée à une baisse de différents paramètres en lien avec la qualité de la viande tels que la luminance et les pertes exsudatives (Berri *et al.*, 2007). Aussi, la baisse significative de ces paramètres dans l'Essai 2 est cohérente avec l'augmentation du pHu observée (Tableau 4).

## CONCLUSION

Une baisse de la teneur en MAT de l'aliment chez le poulet de chair en finition est possible au moins jusqu'à 17% sans impact négatif significatif sur les performances des animaux ou la qualité de la viande. Ceci implique d'utiliser un profil en AAI digestibles adapté. Ces résultats sont prometteurs pour réaliser en pratique une baisse de MAT efficace, et ainsi améliorer l'autonomie protéique des filières. En outre, une telle baisse présente aussi un intérêt environnemental, notamment en réduisant les rejets azotés (Méda *et al.*, JRA-JRPFG 2017).

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier d'Ajinomoto Eurolysine SAS et de l'INRA. Les auteurs remercient le personnel de laboratoire

d'analyse d'Ajinomoto Eurolysine SAS, de l'Unité Expérimentale du Magneraud et de l'Unité de Recherches Avicoles pour l'appui technique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belloir P., Lessire M., Hallouis J.M., Corrent E., Tesseraud S., 2015. 11<sup>èmes</sup> JRAPFG, 539-544.
- Berri, C., LeBihan-Duval E., Debut M., Santé-Lhoutelier V., Baéza E., Gigaud V., Jégo Y., Duclos M.J., 2007 J. Anim. Sci., (85), 2005–2011.
- Emmans, 1987. Worlds Poult Sci J., (43), 208-227.
- Lessire M., Primot Y., Corrent E., Fraysse P., Tesseraud S., Berri C., 2013. 4<sup>th</sup> ISEP, EAAP publication, 209-210.
- Mack S., Bercovici D., De Groote G., Leclercq B., Lippens M., Pack M., Schutte JB., van Cauwenberghe S., 1999. Br. Poult. Sci., (40), 257–265
- Méda B., Belloir P., Lessire M., Juin H., Corrent E., Lambert W., Tesseraud S., 2017. 12<sup>èmes</sup> JRAPFG.
- Namroud N.F., Shivazad M., Zaghari M., 2008. J. Anim. Physiol. An. N., (94), 280-286
- NRC (National Research Council), 1994. Nutrient requirements of poultry. Ninth revised edition Washington, DC: The National Academies Press, 176 p
- Recoules E., Brévault N., Le Cadre P., Peyronnet C., Bouvarel I., Lessire M., 2016. INRA Prod. Anim., (29), 129–140.
- Rostagno H.S., Teixeira Albino L.F., Donzele J.L., Gomes P.C., de Oliveira R.F., Lopes D.C., Ferreira A.S., de Toledo Barreto S.L., Euclides R.F., 2011. Tabelas Brasileiras para aves e suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais, 3<sup>a</sup> Edição. Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia, 252 p.
- Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. 2<sup>nd</sup> edition INRA ed., Paris, 304 p.
- Tesseraud S., Bouvarel O., Fraysse P., Métayer-Coustard S., Collin A., Lessire M., Berri C., 2014. INRA Prod. Anim., (27), 337–346.

**Tableau 1.** Composition (%) des régimes expérimentaux.

	Essai 1					Essai 2		
	19%	18%	17%	16%	15%	19%	17,5%	16%
Maïs	43,4	47,2	51,1	54,9	58,7	43,4	48,4	54,6
Tourteau de soja	28,2	24,6	21,1	17,5	13,9	28,2	23,7	17,8
Blé	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Huile de Soja	4,9	4,2	3,6	2,9	2,2	4,9	4,1	3,0
Phosphate Bicalcique	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Carbonate de Calcium	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,77	0,79	0,83
Elancoban 200	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Autres (prémix, minéraux...)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
DL-Méthionine	0,17	0,19	0,22	0,25	0,28	0,17	0,20	0,25
L-Lysine-HCl	0,05	0,16	0,27	0,37	0,48	0,05	0,18	0,36
L-Threonine	0,01	0,06	0,11	0,15	0,20	0,01	0,07	0,15
L-Arginine	-	0,08	0,17	0,25	0,33	-	0,005	0,20
L-Valine	-	0,04	0,09	0,13	0,18	-	0,02	0,11
L-Isoleucine	-	0,04	0,08	0,13	0,17	-	0,006	0,10
L-Tryptophane	-	0,01	0,02	0,03	0,04	-	-	0,02

**Tableau 2.** Caractéristiques nutritionnelles des régimes expérimentaux (valeurs calculées).

	Exp 1					Exp 2		
	19%	18%	17%	16%	15%	19%	17.5%	16%
Energie Métabolisable (kcal/kg)	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Matières Azotées Totales (%)	19,0	18,0	17,0	16,0	15,0	19,0	17,5	16,0
Calcium (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Phosphore disponible (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Teneur AA digestibles calculées <sup>1</sup> (%)								
dLys	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
dMet	0,41	0,42	0,43	0,45	0,46	0,41	0,42	0,45
dMet+Cys	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
dThr	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
dVal	0,78	0,77	0,76	0,74	0,73	0,78	0,73	0,73
dIle	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64	0,71	0,64	0,64
dLeu	1,42	1,34	1,26	1,18	1,1	1,42	1,32	1,19
dTrp	0,20	0,19	0,19	0,18	0,17	0,20	0,18	0,17
dArg	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	1,09	0,97	0,97
dPhe	0,85	0,79	0,72	0,66	0,59	0,85	0,77	0,66
dTyr	0,61	0,57	0,52	0,47	0,42	0,61	0,55	0,48
dPhe+Tyr	1,46	1,36	1,24	1,13	1,01	1,46	1,32	1,14
dHis	0,45	0,42	0,38	0,35	0,32	0,45	0,41	0,36
dSer	0,82	0,76	0,70	0,64	0,57	0,82	0,75	0,64
dGly	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,66	0,59	0,51
dSer+Gly	1,48	1,37	1,26	1,15	1,03	1,48	1,34	1,15
Ratios AA digestible calculés <sup>2</sup> (%dLys)								
dMet	45	47	48	50	51	45	47	50
dMet+Cys	75	75	75	75	75	75	75	75
dThr	68	68	68	68	68	68	68	68
dVal	87	86	84	83	81	87	81	81
dIle	79	77	75	73	71	79	71	71
dLeu	158	149	140	131	122	158	147	132
dTrp	23	22	21	20	19	23	20	19
dArg	121	118	115	111	108	121	108	108
dPhe	95	88	80	73	66	95	86	74
dTyr	68	63	58	52	47	68	62	53
dPhe+Tyr	163	151	138	125	113	163	148	127
dHis	50	46	43	39	36	50	45	40
dSer	92	85	78	71	64	92	83	71
dGly	73	67	62	56	51	73	66	57
dSer+Gly	165	152	140	127	115	165	149	128

<sup>1</sup> Les teneurs en acides aminés (AA) digestibles ont été calculées à partir des teneurs totales en AA dans les matières premières (analyses chimiques) multipliées les coefficients de digestibilité proposées par Sauvart *et al.* (2004).

<sup>2</sup> Dans tous les régimes, les ratios dAA:dLys respectaient *a minima* les recommandations de Mack *et al.* (1999) : dMet+Cys:Lys=75, dVal:dLys=81, dIle:dLys =71, dTrp:dLys=108. Pour la Thr et l'Arg, les minima fixés étaient de dThr:dLys = 68 and dArg:dLys=108.



**Tableau 3.** Performances zootechniques et rendements des animaux de l'Essai 1.

	Régimes					SEM	P-value
	19%	18%	17%	16%	15%		
Performances <sup>1</sup>							
Poids vif à 35j (g)	2460	2470	2466	2451	2461	10,6	0,99
Gain de poids (g)	1479	1496	1494	1446	1478	12,1	0,72
Consommation (g)	2430	2477	2472	2459	2528	16,9	0,48
Indice de consommation	1,64 <sup>b</sup>	1,65 <sup>b</sup>	1,65 <sup>b</sup>	1,69 <sup>a</sup>	1,71 <sup>a</sup>	0,01	**
Rendements carcasse <sup>2</sup>							
Rendement filet (% poids vif)	20,1	20,2	20,8	20,5	19,5	0,15	0,08
Gras abdominal (% poids vif)	2,16 <sup>b</sup>	2,30 <sup>ab</sup>	2,45 <sup>a</sup>	2,61 <sup>a</sup>	2,51 <sup>a</sup>	0,04	**

SEM = standard error of the mean. \* P&lt;0.05; \*\* P&lt;0.01, \*\*\* P&lt;0.001.

<sup>1</sup> n = 8 par traitement<sup>2</sup> n = 32 par traitement**Tableau 4.** Performances zootechniques, rendements et qualité de la viande du filet des animaux de l'Essai 2.

	Régimes				
	19%	17,5%	16%	SEM	P-value
Performances <sup>1</sup>					
Poids vif à 35j (g)	2288	2332	2324	12,4	0,32
Gain de poids (g)	1338	1380	1374	12,1	0,32
Consommation (g)	2242	2323	2348	19,1	0,05
Indice de consommation	1,68	1,68	1,71	0,01	0,17
Rendements carcasse <sup>2</sup>					
Rendement filet (% poids vif)	20,8	20,9	21,4	0,10	0,06
Gras abdominal (% poids vif)	1,93 <sup>b</sup>	2,09 <sup>ab</sup>	2,15 <sup>a</sup>	0,04	*
Qualité de la viande <sup>2</sup>					
pH ultime	5,92 <sup>c</sup>	6,04 <sup>b</sup>	6,14 <sup>a</sup>	0,02	***
Luminance	51,6 <sup>a</sup>	49,5 <sup>b</sup>	46,3 <sup>c</sup>	0,30	***
Exsudat (%)	3,07 <sup>a</sup>	2,53 <sup>ab</sup>	2,33 <sup>b</sup>	0,13	*

SEM = standard error of the mean. \* P&lt;0.05; \*\* P&lt;0.01, \*\*\* P&lt;0.001.

<sup>1</sup> n = 8 par traitement<sup>2</sup> n = 32 par traitement

## UNE NOUVELLE SOLUTION ENZYMATIQUE QUI AMELIORE LA DIGESTIBILITE GLOBALE DE L'ALIMENTS

**Cozannet Pierre, Montanhini Neto Roberto, Bourgueil Elisabeth, Preynat Aurelie**

*ADISSEO France SAS – CERN, 6 route Noire, 03600 MALICORNE*  
[Aurelie.Preynat@adisseo.com](mailto:Aurelie.Preynat@adisseo.com)

### RÉSUMÉ

Le but de l'étude est de valider l'amélioration globale de la digestibilité de l'aliment obtenue par l'addition d'une nouvelle solution enzymatique enrichie en xylanases et arabinofuranosidases (Enz ; Rovabio® Advance). Un régime base blé – tourteau de soja a été utilisé tel quel (100%) ou dilué par 3% de sable (97%). La digestibilité et la teneur en éléments digestibles de ces deux régimes avec et sans Enz a été mesurée. L'essai *in vivo* a été réalisé sur des poulets en croissance (12 à 22 jours) avec mesure de la digestibilité de la matière sèche, de l'énergie et digestibilité iléale des AA entre 19 et 22 jours d'âge. Les données ont été traitées par analyse de variance avec effet régime (n=2) et effet enzyme (n=2).

Aucune différence d'ingestion n'a été observée entre les régimes. Au niveau fécal, la digestibilité de l'énergie a été équivalente pour les régimes témoins (P=0,99) standard ou dilué. La teneur en énergie métabolisable apparente (EMA) des deux régimes diffère de 3% (3 286 vs. 3 189 kcal/kg MS ; P<0,001). L'incorporation de la solution enzymatique a permis l'amélioration de l'utilisation de l'énergie quel que soit le régime (2,8% ; 73,3 vs. 75,4% ; P<0,001), soit une amélioration de l'EMA de +97 kcal/kg MS. Les teneurs EMA du régime formulé à 97% avec l'addition d'Enz et celle du régime témoin à 100% sont non significativement différentes (P=0,98). Au niveau iléal, la digestibilité des AA a été équivalente entre les régimes, en moyenne de 75%. L'ajout d'une solution Enz a amélioré la digestibilité de tous les AA de 4,4% en moyenne (P<0,001).

Ces résultats valident que cette solution enzymatique enrichie en xylanases et arabinofuranosidases a un effet global sur la digestibilité de la matière organique, c'est pourquoi il est important de prendre en compte l'énergie mais aussi les AA libérés dans la reformulation des régimes lors de l'emploi de cette nouvelle solution enzymatique.

### ABSTRACT

#### **New Enzyme solution which improves the overall feed digestibility**

The aim of this study was to validate the improvement of the global feed digestibility with the use of a new enzyme solution enriched in xylanases and arabinofuranosidases (Enz; Rovabio® Advance). A standard diet based on wheat and soybean meal was used as is (100%) or diluted with 3% sand (97%). Digestibility and content of digestive nutrients of these two diets with or without Enzymes was measured. *In vivo* trial has been set up with growing broilers (12 to 22 days), and dry matter and energy digestibility at fecal level and amino acid digestibility at ileal level were measured between 19 and 22 days of age. Data were subjected to ANOVA with block (n=15), diet (n=2) and Enzyme (n=2) as fixed effects.

No difference on feed intake was observed between diets. At fecal level, energy digestibility was similar around 73.3% for both 100% and 97% control diets (P=0.99). However, the apparent metabolizable energy content (AME) was significantly reduced in diluted control diet by 3% (3,286 vs. 3,189 kcal/kg DM; P<0.001). The Enz solution improved energy utilization (+2.8%; 73.3 vs. 75.4%; P<0.001) in both diets (with or without sand), thus leading to increase AME content by 97 kcal/kg DM. Consequently, no difference between AME content of sand diluted diet with Enz and control diet without sand was observed (P=0.98). At ileal level, AA digestibility was similar in all treatments around 75%. The addition of the Enz solution increased AA digestibility by 4.4% on average (P<0.001).

These results suggest that the Enz solution enriched in xylanases and arabinofuranosidases has an overall effect on organic matter. It is thus important when reformulating diets with such an enzyme solution to take into account not only the energy but also digestible AA.

## INTRODUCTION

Le bénéfice de l'emploi d'enzyme dans les régimes des monogastriques et particulièrement des volailles est établi depuis longtemps (Campbell and Bedford 1992). Cependant, la valeur des enzymes est souvent seulement exprimée au travers d'une libération supplémentaire d'énergie. L'énergie n'est pas un nutriment mais la somme de l'énergie apportée par l'amidon, les protéines, les matières grasses et les fibres. Il a été montré au cours d'une précédente étude que l'énergie supplémentaire libérée par l'ajout nouvelle solution enzymatique (Enz) enrichie en xylanases et arabinofuranosidases provient de l'amélioration de la digestibilité de l'ensemble des nutriments de l'aliment (Cozannet et al., 2016 *in press*). La vision donnée par l'amélioration de la valeur énergétique en présence d'une telle solution enzymatique est donc partielle. Il est notamment particulièrement intéressant de considérer aussi l'amélioration de la digestibilité des acides aminés (AA). La validation de l'effet d'Enz sur la digestibilité globale de l'aliment a été mesurée dans cette étude par dilution de l'aliment avec un composé inerte, du sable. Cette dilution globale permet d'estimer l'effet de l'Enzyme sur l'ensemble des composants de la matière organique.

L'objectif de cette étude a donc été d'évaluer l'impact de la dilution du régime avec un élément inerte sur la digestibilité de l'énergie brute et des AA et la teneur en éléments digestibles en présence ou non d'une solution enzymatique enrichie en xylanases et arabinofuranosidases.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Essais *in vivo*

Pour cet essai, 120 poulets Ross PM3 ont été sélectionnés sur la base du poids vif à l'âge de 12 jours. Les animaux sont répartis en cage individuelle selon un plan factoriel en bloc 2 x 2. Ce dispositif permet l'étude de l'effet de la dilution et de l'incorporation d'Enzyme. Par conséquent, deux aliments granulés ont été fabriqués. Leur composition est présentée dans le Tableau 1. Les régimes ont ensuite été traités par pulvérisation avec de l'eau ou une solution Enz (Rovabio® Advance L, Adisseo). Cette solution de type carbohydrase est issue de la fermentation de *Talaromyces versatilis* et fournit par kilogramme d'aliment 1 250 unités viscosité d'activité endo- $\beta$ -1,4-xylanase, 9 250 unités viscosité d'activité arabinofuranosidase et 860 unités d'activité endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase à la dose recommandée de 200 mL/T. La période expérimentale est divisée en trois phases successives, une première d'adaptation (10 jours) et une seconde de collecte (3 jours). Le bilan digestif est réalisé par collecte totale des excréta et suivi individuel des consommations. Les fientes

congelées immédiatement après collecte journalière sont ensuite lyophilisées et broyées pour analyse. Après les 3 jours de collecte les animaux ont été réalimentés pour la troisième phase (4 jours) avant euthanasie et collecte des contenus iléaux rassemblés par groupe de 5 animaux pour l'évaluation de la digestibilité des acides aminés par marqueur (oxyde de titane). Les premiers deux tiers de l'iléon ont été prélevés.

La mesure de la teneur des fientes et des aliments en énergie brute et la différence entre l'énergie ingérée et l'énergie excrétée permettent d'aboutir dans un premier temps aux valeurs d'énergie métabolisable apparente (EMA). Afin de permettre une comparaison entre des animaux ayant éventuellement des différences de croissance, les valeurs d'énergie métabolisable à bilan azoté nul (EMAN) ont été calculées à partir du bilan azoté par le biais du gain de poids selon l'équation proposée par Lessire (2004). De la même façon, l'évaluation de la digestibilité iléale apparente des AA est permise par la mesure de la teneur en AA et en marqueur des aliments et des contenus iléaux.

### 1.2. Analyses de laboratoire

Dans un premier temps, les teneurs en matière sèche (MS), matières minérales (NF V18-101) et énergie brute (EB) (ISO 9831) ont été mesurées sur les aliments et les excréta. Le profil en AA des régimes a été déterminé selon la directive 98/64/CE (Norme NF EN ISO 13903) pour les aliments. Les mêmes analyses ont été réalisées sur les excréta.

### 1.3. Calculs et statistiques

Les effets de la dilution du régime par du sable (2 modalités), de l'ajout d'Enz (2 modalités) et de l'interaction entre l'aliment et l'incorporation d'Enz sur les paramètres animaux, le rapport EMAN/EB, la digestibilité iléale des AA et la teneur EMAN des régimes ont été testés par analyse de variance des données individuelles.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats de performance et de métabolisabilité moyens obtenus par régime sont synthétisés dans le Tableau 2. L'ingestion des animaux n'a pas été modifiée par l'ajout de sable dans les régimes ( $P = 0,616$ ). Les performances (i.e. gain de poids et efficacité alimentaire) des animaux au cours de la période complète de l'essai sont significativement affectées par la nature des régimes ( $P = 0,013$ ). Ces différences de performances peuvent être reliées à la composition en nutriments des régimes. L'indice observé pour le régime dilué sans Enz est 4,6% supérieur au régime standard. La différence correspondante observée est de 3% pour les poids finaux.

Les données de digestibilité de la MS entre le régime standard et le régime dilué sont statistiquement différentes. Cette différence est liée à la présence de sable contribuant à la MS du régime. La différence entre le régime standard et le régime dilué est de 2.3 points correspondant au 3.0 points de sable inclus dans le régime standard. Les données de digestibilité pour les autres paramètres à l'exception de la méthionine sont non statistiquement différentes ( $P > 0,11$ ) entre le régime standard et le régime dilué. Ces données sont conformes aux attentes : elles suggèrent le faible effet du sable sur la digestibilité des régimes. La digestibilité fécale de l'énergie et de la matière sèche est améliorée à hauteur de 2,8% (2.0 points) en moyenne par l'ajout d'Enz. Cet effet compense l'effet négatif de l'inclusion de sable sur ces mêmes paramètres. Aucune interaction n'est observable entre le type de régime et l'effet de l'Enz ( $P = 0.705$ ). Ces données sont comparables à des données observées précédemment (Cozannet et al., 2016 *in press*). Elles suggèrent l'amélioration globale de la digestibilité des nutriments (Wu et al., 2004).

Les Enz ont un effet bénéfique sur la digestibilité de l'ensemble des AA, de la matière sèche et de l'énergie ( $P < 0,001$ ). Les différences d'effet de l'Enz sur l'un et l'autre des régimes sont non statistiquement différentes. Les améliorations par AA sont également non différentes (données non présentées). Ces données varient de 5.2 à 2.6 points. Il peut donc être considéré que le profil de digestibilité des AA du régime augmente de façon identique (Figure 1). Cette analyse diffère de celle réalisée par Cowieson et al. (2010) qui suggèrent une corrélation négative entre la digestibilité des AA et l'impact des Enz ( $R^2=0.50$  ;  $P < 0.001$ ). Il est plus satisfaisant de considérer une augmentation similaire de la digestibilité de tous les AA ( $R^2=0.78$  ;  $P < 0.001$ ). Dans ce cas, la digestibilité des AA est augmentée de 4,4% en moyenne. Ces observations sont conformes à des données rapportées dans la littérature lors de l'emploi de carbohydrases (Mussini et al., 2012) ou de protéases (Angel et al., 2011 et Barekatin et al., 2013). Il est aussi possible de considérer l'amélioration relativement à la fraction indigestible qui devient constante. Cette valeur est en moyenne (min-max) de 13.3% (11.4-16.3).

L'amélioration de la digestibilité iléale et fécale observée sur le régime dilué par l'ajout d'Enz permet

de compenser l'inclusion de sable. Par conséquent, la teneur en AA digestibles et la teneur en AME du régime dilué supplémenté d'Enz est équivalent à celles du régime standard sans Enz ( $P > 0.85$ ).

Les effets sont liés à la dégradation des fibres ayant un effet négatif sur la digestibilité de l'ensemble des nutriments. Les observations faites dans cette étude sont liées à l'amélioration de l'accessibilité des nutriments par les Enzymes incluses dans cette nouvelle solution enzymatique (Rovabio® Advance). L'exemple donné de la digestibilité iléale des AA a également été appliqué à la digestibilité fécale de l'amidon et des matières grasses et de l'azote (Cozannet et al., 2016 *in press*) montrant une amélioration significative de la digestibilité fécale de 3.0, 3.3, 3.2, 3.0, 6.2, 2.9, 5.8, et 3.8 points pour la matière sèche, la matière organique, l'azote, les matières grasses et l'énergie brute, respectivement. Cette amélioration globale de la digestibilité de l'aliment est à mettre en relation avec l'amélioration des activités xylanases et arabinofuranosidases du produit. Les activités arabinofuranosidases permettent le débranchement des arabinoses du squelette xylose libérant de l'espace pour l'action de la xylanase (De la Mare et al., 2013). Ces activités permettent une dégradation efficace du maillage en arabinoxyle. L'énergie résultant de la dégradation des fibres semble donc marginale, c'est l'amélioration de l'accessibilité des enzymes endogènes de l'animal aux nutriments du régime qui rend compte de l'amélioration globale de la digestibilité de l'aliment.

## CONCLUSION

Les données rapportées par cet essai suggèrent l'importance de l'impact de l'Enz sur la digestibilité de l'ensemble des nutriments. Au travers de l'exemple de la digestibilité iléale des AA et fécale de l'énergie, on observe ici l'efficacité équivalente de cette nouvelle solution enzymatique sur la digestibilité de tous les nutriments. L'extraction du plein potentiel d'une telle solution enzymatique nécessite par conséquent de repenser la formulation de l'aliment en prenant en compte au minimum l'énergie et les acides aminés.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

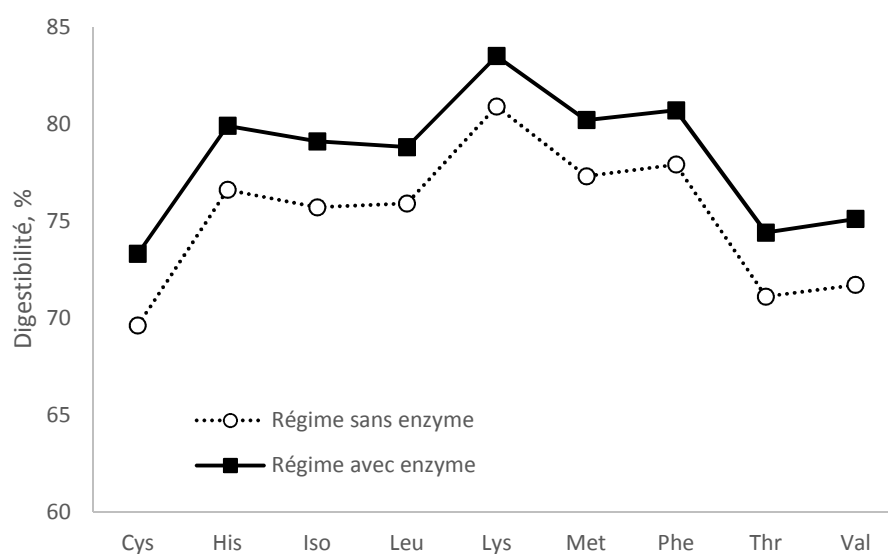
- Angel C.R., 2011. *Poult. Sci.*, (90), 2281-2286.  
 Barekatin M.R., 2016. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, (182), 71-81  
 Campbell G.L., 1992. *Can. J. Anim. Sci.* (72), 449-466  
 Cowieson A., 2010. *J. Poult. Sci.* (47), 1-7  
 Cozannet P., 2016. *Poult. Sci In press*  
 De la Mare M., 2013. *Enz Microb. Techno.* (53), 351-358.  
 Leeson S., 1996. *Poult. Sci.* (75), 529-535  
 Lessire M., 2004 In *Tables of composition and nutritive value of feed materials. Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish.* INRA Editions, Versailles, France, 25-35.  
 Mussini F.J., 2012 *Int. J. Poult. Sci.* (10) 774-777.

Tableau 1. Composition des régimes

Régime	Standard	Dilué
<b>Ingédient (%)</b>		
Blé	57,72	55,99
Graine de soja extrudé	7,5	7,27
Tourteau de soja	24,4	23,67
Huile végétale	5,75	5,58
Phosphate bicalcique	1,27	1,23
Carbonate	1,18	1,14
Sel	0,27	0,27
Sulfate de sodium	0,14	0,14
DL-Méthionine	0,32	0,31
L-Lysine	0,26	0,25
L-Thréonine	0,08	0,08
Sable	-	2,96
Premix <sup>1</sup>	0,6	0,6
Oxyde de titane	0,5	0,5
<b>Teneur en nutriments</b>		
MS, %	89,3	89,5
EMA, kcal/kg	3010	2919
MAT, %	20,2	19,6
MG, %	8,5	8,2
NDF, %	11,0	10,6
Lysine digestible, %	1,12	1,08
AA soufrés digestible, %	0,87	0,84

<sup>1</sup> Premix apporte par kg d'aliment : vitamine A, 12,000 IU; vitamine D3, 3,000 IU; vitamine E, 100 IU, vitamine K3, 3 mg; vitamine B1, 2 mg; vitamine B2, 8 mg; vitamine B6, 3 mg; vitamine B12, 0.02 mg; acide folique, 1 mg; biotine, 0.2 mg; acide pantothénique, 15 mg; niacine, 40 mg; Mn, 80 mg; Zn, 60 mg; I, 1 mg; Fe, 80 mg; Cu, 15 mg; Co, 0.4 mg; Se, 0.2 mg; ethoxyquine, 0.5 mg; BHA, 0.5 mg; narasine+nicarbazine, 80 mg.

Figure 1. Comparaison des digestibilités iléales des acides aminés avec et sans Enzyme tous régimes confondus.



**Tableau 2.** Effet des régimes et de l'ajout d'Enzymes sur les performances et la digestibilité iléale et fécale des nutriments

Régime	Standard		Dilué		Statistiques <sup>1</sup>				R <sup>2</sup>	Ecart- type
Enzyme <sup>2</sup>	0	1	0	1	Bloc	Régime	Enzyme <sup>2</sup>	Interaction		
Performances poulets (de 12 à 22 jours)										
Poids, g										
Initial (12d)	285 a	282 a	284 a	282 a	< 0,001	0,873	0,229	0,861	0,77	12
Final (22d)	760 a	754 a	738 b	733 b	< 0,001	0,013	0,492	0,939	0,57	46
Ingéré, g	805 a	785 a	804 a	798 a	0,014	0,616	0,310	0,576	0,39	69
Indice	1,695 b	1,668 b	1,773 a	1,773 a	0,743	< 0,001	0,391	0,392	0,41	0.084
Période de collecte (de 19 à 22 jours)										
Animal spécification, g										
MS ingérée	245 a	235 a	241 a	235 a	0,002	0,594	0,047	0,689	0,45	22
Poids vif collecte (19d)	587 a	583 a	576 a	575 a	< 0,001	0,165	0,693	0,805	0,57	35
Digestibilité iléale, %										
Cys	68,4 b	74,0 a	67,9 b	72,7 a		0,200	< 0,001	0,126	0,24	4.1
His	77,6 ab	79,8 a	75,6 b	80,0 a		0,192	< 0,001	0,111	0,20	3.7
Iso	76,6 ab	78,8 a	74,7 b	79,3 a		0,404	< 0,001	0,148	0,15	4.4
Leu	76,7 ab	78,5 a	74,7 b	79,0 a		0,320	0,000	0,123	0,14	4.2
Lys	81,6 bc	83,3 ab	80,2 c	83,7 a		0,349	< 0,001	0,118	0,18	3.0
Met	79,0 a	80,5 a	75,7 b	80,0 a		0,020	0,001	0,105	0,15	4.5
Phe	78,8 ab	80,7 a	77,0 b	80,8 a		0,231	0,000	0,199	0,14	3.8
Thr	72,7 a	74,2 a	69,6 b	74,7 a		0,117	< 0,001	0,029	0,17	4.3
Val	72,9 ab	75,0 a	70,5 b	75,1 a		0,186	0,000	0,143	0,14	4.7
Digestibilité fécale, %										
Matière sèche	68,7 b	70,8 a	66,5 c	68,3 b	0,636	< 0,001	< 0,001	0,705	0,51	2.1
AME/GE	73,4 b	75,4 a	73,3 b	75,4 a	0,597	0,990	< 0,001	0,973	0,35	2.6
Teneur en énergie, kcal/kg DM										
AME	3 453 b	3 551 a	3 348 c	3 444 b	0,591	< 0,001	< 0,001	0,976	0,45	122
AMEn	3 286 b	3 379 a	3 189 c	3 283 b	0,595	< 0,001	< 0,001	0,985	0,44	116

Les valeurs sont des moyennes de n=30 observations à l'exception des digestibilités iléales des acides aminés (n=6)

<sup>a,b</sup> Moyennes présentant une lettre différente sont significativement différentes ( $P < 0.05$ ) par le test de Tukey

<sup>1</sup> Analyse de variance des données de performance et de digestibilité fécale (n=120) avec les effets fixes bloc (n=30), Enzyme (n=2), régime (n=2) et l'interaction (n=4) ; et des données de digestibilité iléale (n=24) avec les effets fixes Enzyme (n=2), régime (n=2) et l'interaction (n=4).

<sup>2</sup> Enzyme = Rovabio® Advance L, 200 mL/T, Adisseo France S.A.S

# EFFET D'UNE RESTRICTION ALIMENTAIRE ET D'UNE SUPPLEMENTATION EN ACIDE GRAS SUR LES PARAMETRES METABOLIQUES ET SUR LES CONCENTRATIONS PLASMATIQUES DES ADIPOCYTOKINES CHEZ LA POULE REPRODUCTRICE

Mellouk Namya<sup>1</sup>, Ramé Christelle<sup>1</sup>, Marchand Maxime<sup>2</sup>, Mercierand Frédéric<sup>2</sup>, Rigoreau Harold<sup>2</sup>, Travel Angélique<sup>4</sup>, Souchet Christophe<sup>4</sup>, Bignon Laure<sup>4</sup>, Staub Christophe<sup>3</sup>, Touzé Jean-Luc<sup>3</sup>, Venturi Eric<sup>3</sup>, Guerini C<sup>5</sup>, Roffidal L<sup>5</sup>, Chartrin Pascal<sup>5</sup>, Ma Linlin<sup>1</sup>, Froment Pascal<sup>1</sup>, Dupont Joëlle<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA, UMR085 Unité de Physiologie de la Reproduction et des Comportements PRC - 37380 NOUZILLY

<sup>2</sup>INRA - Unité Expérimentale du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours UEPEAT - 37380 NOUZILLY

<sup>3</sup>INRA - Unité Expérimentale de Physiologie Animale de l'Orfrasière UEPAO- 37380 NOUZILLY

<sup>4</sup>ITAVI - Centre INRA Centre Val de Loire - 37380 NOUZILLY

<sup>5</sup>INZO - 1 rue de la Marébaudière BP 9669 Montgermont - 35766 SAINT GREGOIRE  
[joelle.dupont@inra.fr](mailto:joelle.dupont@inra.fr)

## RÉSUMÉ

En élevage, les poules reproductrices sont soumises à une restriction alimentaire pour limiter la baisse de la fertilité, associée à des changements de masse corporelle. Ainsi, nous avons établi un protocole *in vivo* consistant à évaluer les effets de différents niveaux de restriction alimentaire associés ou non à une supplémentation en acide gras poly-insaturés (AGPI) sur les paramètres métaboliques et les concentrations plasmatiques des adipocytokines (chémérine, visfatine, adiponectine) chez la poule reproductrice. Nos analyses indiquent que les poules nourries avec un régime *ad libitum* (Ad, recevant une quantité d'aliment permettant une croissance 1,7 fois plus importante que celle des animaux du régime restreint) ont un poids corporel, un pourcentage de matière grasse, une surface de muscles pectoraux ainsi que de *sot l'y-laisse* significativement ( $p < 0,05$ ) plus élevés que chez les animaux restreint (Rt). De plus, le régime Ad augmente significativement les concentrations plasmatiques de triglycérides, de cholestérol, de phospholipides, de glucose, de chémérine et de visfatine alors qu'il diminue celles de l'insuline et de l'adiponectine. D'autre part, la supplémentation en AGPI n'a pas d'effet sur le poids, l'engraissement et les concentrations plasmatiques de cholestérol et d'insuline alors qu'elle augmente les concentrations plasmatiques de triglycérides, de glucose et d'adiponectine et diminue celles des phospholipides, de la chémérine et de la visfatine. Aussi, nous montrons une corrélation positive entre les valeurs d'insulinémie et d'adiponectinémie, de visfatinémie et de chémérinémie ainsi qu'une corrélation négative du pourcentage de masse grasseuse avec la chémérinémie et positive avec la visfatinémie. Ainsi, ce travail montre que l'alimentation et de la supplémentation en AGPI sont capables de modifier les paramètres métaboliques et les concentrations plasmatiques des adipocytokines.

## ABSTRACT

**Effect of food restriction and fatty acid supplementation on metabolic parameters and plasma levels of several adipokines in reproductive hens**

In livestock, reproductive hens are subjected to restricted diet to limit the decline of fertility associated with body mass changes. Thus, we have established an *in vivo* protocol of assessing the effect of different levels of restricted diet with or without polyunsaturated fatty acid supplementation (FAS) on metabolic parameters and plasma levels of adipokines (chemerin, visfatin, adiponectin) in reproductive hens. Our analysis indicates that hens fed with *ad libitum* diet (Ad, receiving an amount of feeding to achieve growth 1.7 times greater than the animals of the restricted diet) have a body weight, a percentage of fat, a surface of pectoral and "*sot l'y laisse*" muscles significantly ( $p < 0,05$ ) higher than in restricted (Rt) hens. Furthermore, Ad diet significantly increases plasma levels of triglycerides, cholesterol, phospholipids, glucose, chemerin and visfatin whereas it decreases plasma levels of insulin and adiponectin. On the other hand, the FAS has no effect on weight, fattening and plasma levels of cholesterol and insulin whereas it increases plasma levels of triglycerides, glucose and adiponectin and decreases plasma levels of phospholipids, chemerin and visfatin. We also show a positive correlation between insulin values and adiponectin and visfatin values, a negative correlation of fat percentage with chemerin values and positive with visfatin values. Hence, this work shows that diet and FAS are able to modulate metabolic parameters and plasma levels of adipokines.

## INTRODUCTION

L'élevage intensif et la sélection génétique de poule reproductrice de type chair a entraîné au cours du temps une production d'animaux de plus en plus lourds susceptible de développer des troubles métaboliques et reproductifs (Richards et al. 2007). De plus, les éleveurs disposent de peu d'outils rendant compte de l'état corporel de leurs animaux, ce qui accentue la difficulté à détecter les maladies métaboliques observées en cas d'alimentation non rationnée (*ad libitum*). L'une des solutions mise en place pour pallier à ces différents désordres a été de se tourner vers une distribution d'aliment contrôlée (restreinte) mais qui en conséquence entraîne des comportements d'agressivité et de stress (de Jong et al. 2002). Par ailleurs, ces paramètres peuvent aussi être modifiés par les acides gras poly-insaturés de type omega 3 provenant de l'alimentation. Les acides gras majoritairement reconnus pour leurs effets bénéfiques sur le système métabolique et reproducteur (Poniedziałek-Czajkowska et al. 2014) sont l'acide eicosapentanoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA). L'association faite entre l'alimentation, la composition corporelle et la physiologie métabolique passent souvent par une régulation des hormones sécrétées par le tissu adipeux, appelées adipocytokines. Ainsi, le profil d'expression des adipocytokines chez la poule peuvent être des indicateurs clés pour aider à prédire la composition corporelle et donc soutenir les décisions de gestion pour maintenir une production optimale. Ainsi, la présente étude a été réalisée afin d'évaluer l'impact des conditions d'alimentation sur des paramètres métaboliques et d'explorer les niveaux plasmatiques et tissulaires d'adipocytokines, considérées comme de potentiels indicateurs de la masse corporelle chez une souche reproductrice de type chair soumise à des conditions proches du terrain ou *ad libitum*. De ce fait, nous avons établi un protocole *in vivo* consistant à évaluer les effets de différents niveaux de restriction alimentaire associés ou non à une supplémentation en acide gras poly-insaturés (AGPI) de type omega 3 sur le poids, l'engraissement estimé par différentes techniques (bioimpédancemétrie, analyse des carcasses et pesée du gras abdominal) et les concentrations plasmatiques de marqueurs métaboliques.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Le protocole mis en place a reçu un avis favorable par le comité d'éthique (CEEA VdL) sous la référence du dossier : 01607.02

### 1.1. Les animaux

Les 320 poussins femelles de type chair (Cobb 500, Hendrix Genetics) ont été répartis, au sol, en groupe homogène de 10 dans 32 parquets de 3 m<sup>2</sup> et élevés au

sein de l'Unité Expérimentale du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours (UEPEAT) selon les conditions classiques d'élevage.

### 1.2. Les régimes alimentaires

Du 1<sup>er</sup> jour à la 3<sup>ème</sup> semaine (sem) les 320 poussins femelles ont reçu une alimentation de démarrage de type *ad libitum* (libre accès à la nourriture). A partir de la 3<sup>ème</sup> sem les poules ont été séparées en deux groupes. Un premier groupe (n=160) a reçu une alimentation restreinte permettant de suivre la courbe théorique de poids fournie par Hendrix Genetics et le second groupe (n=160) a reçu une alimentation *ad libitum* permettant une croissance 1,7 fois plus importante que chez les animaux *restreints*. De la 9<sup>ème</sup> à la 39<sup>ème</sup> sem ces deux groupes ont été subdivisés pour former 4 groupes auquel nous avons ajouté ou non une supplémentation en acide gras poly-insaturés (AGPI) (lot C : restreint non supplémenté, lot D : *ad libitum* non supplémenté, lot A : restreint supplémenté, lot B : *ad libitum* supplémenté). La supplémentation en AGPI utilisée (OMG 750) est composée de 77% d'huile de poisson raffinée (dont 14% d'acide eicosapentanoïque (EPA) et 9% d'acide docosahexaénoïque (DHA)) et de 23% de gélatine (capsule) et a été utilisée à 1% de l'alimentation totale.

### 1.3. Profil en acide gras de la composition d'aliment, du jaune d'œuf, du tissu adipeux, du foie et du muscle (cuisse et filet)

Les classes de lipides ont été déterminées après chromatographie sur couche mince de gel de silice. La composition en acide gras a été déterminée après trans-méthylation des lipides par chromatographie gazeuse (Perkin Elmer Autosystem, St Quentin en Yvelines, France) (Morrisson et al. 1964).

### 1.4. Mesures du poids, de l'ingéré et de l'engraissement

Les poules ont été pesées à jeun toutes les 3 sem. La quantité d'aliments donnée a été ajustée toutes les sem par rapport à la croissance des animaux de deux parquets de référence (Hendrix Genetics). La composition en matière grasse des poules a été estimée toutes les 3 sem par bioimpédancemétrie en collaboration avec INZO (Roffidal et al., 2011), à 21 et 39 sem par analyse de la composition en matière grasse de la carcasse et à 39 sem par mesure du poids du tissu adipeux abdominal.

### 1.5. Dosages plasmatiques

Les échantillons sanguins ont été collectés au sinus occipital dans des tubes d'héparine aux sem 3, 9, 15, 18, 21, 27, 32, 39. Le plasma a été récupéré après une centrifugation (5 000g pendant 10 minutes à 4°C) puis conservé à -20°C jusqu'à son utilisation.

Les concentrations plasmatiques de glucose, de cholestérol, des triglycérides et de phospholipides ont été obtenues par dosage enzymatique respectivement



à l'aide du Kit GAGO-20 (Sigma Aldrich), du kit Biolabo Cholestérol (CHOD-PAP), du kit Biolabo Triglycéride (méthode GPO), et du kit Biolabo Phospholipides (méthode colorimétrique enzymatique). Les concentrations plasmatiques des adipocytokines ont été obtenues à l'aide des kits spécifiques poulet de chez BlueGene (E12V0003 sensibilité 1 ng/mL, E12A0125 sensibilité 0,1 ng/mL et E112C0104 sensibilité 1 pg/mL respectivement pour la visfatine, l'adiponectine et la chémérine).

### 1.6. Surface des muscles pectoraux et du sot l'y laisse après abattage.

La surface des muscles pectoraux majeur et mineur et du sot l'y laisse a été mesurée à 39 sem après abattage par ultra-son à l'aide d'un échographe MyLab 30 Gold Vet (Hospimedi France, Saint-Crépin-Ibouvillers, France) muni de deux sondes linaires (Esaote L332 et L435) en travaillant à basse fréquence pour les muscles pectoraux (5MHz) et à plus haute fréquence pour les sot l'y laisse (15MHz) situés en surface au niveau de la fosse iliaque.

### 1.7. Mesure de l'expression des adipocytokines et de leurs récepteurs dans le tissu adipeux, le foie et le muscle.

L'ARN total des différents tissus (tissu adipeux abdominal et sous cutané, foie et muscle pectoral) de 8 animaux âgés de 39 sem a été extrait par homogénéisation dans le réactif TRIzol®. La transcription inverse (RT) de l'ARN total et la PCR en temps réel ont été réalisées comme décrit par Diot et al., 2015.

### 1.8. Analyses statistiques

Les résultats sont représentés sous forme de moyenne  $\pm$  SEM et avec un niveau de significativité inférieur à 0,05 (\* $P < 0,05$ ). Un test ANOVA (analyse de variance) en mesures répétées a été utilisé pour comparer les moyennes de poids corporel, d'ingéré, d'engraissement et de concentrations plasmatiques entre les différents groupes de poules, au cours du temps. Un test de Pearson a été utilisé pour les analyses de corrélation entre les différents paramètres. Le logiciel SAS a été utilisé pour toutes les analyses.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Profil en acide gras de l'alimentation

Les teneurs en EPA et DHA sont représentés en % des lipides totaux. Tout d'abord, tous les animaux ont été nourris avec un aliment dit « démarrage » jusqu'à la 5<sup>ème</sup> semaine (sem) dont les teneurs en EPA et DHA sont respectivement 0,37 et 0,65% puis un aliment dit « croissance » jusqu'à la 9<sup>ème</sup> sem dont les teneurs en EPA et DHA sont respectivement 0,10 et 0,23%. Puis à partir de la 9<sup>ème</sup> sem, les poules ont été nourries avec un aliment supplémenté ou non en AGPI. De la 9<sup>ème</sup> à la 19<sup>ème</sup> sem l'aliment « expé » supplémenté contient 0,93 % d'EPA et 1,45 % de DHA. De la 20<sup>ème</sup> à la

22<sup>ème</sup> sem l'aliment « pré-ponte » supplémenté contient 2,15 % d'EPA et 3,51 % de DHA. De la 23<sup>ème</sup> à la 39<sup>ème</sup> sem l'aliment « ponte » supplémenté contient 0,97 % d'EPA et 1,46 % de DHA. De la 9<sup>ème</sup> à la 39<sup>ème</sup> sem les aliments non supplémentés ne contiennent pas d'EPA et DHA. Ainsi, dans tous les aliments supplémentés en AGPI on retrouve une teneur en EPA et DHA plus importante que dans l'aliment non supplémenté et un ratio EPA/DHA compris entre 0,43 et 0,66 alors que nous avons choisi une formule avec un ratio d'EPA/DHA de 1,5.

### 2.2. Effet de la supplémentation en AGPI sur la composition en acide gras dans le jaune d'œuf, le tissu adipeux, le foie et le muscle

L'ingestion d'AGPI a permis un changement de composition en acide gras du jaune d'œuf, du tissu adipeux abdominal, du foie et du muscle (filet et cuisse) avec un enrichissement de DHA et d'EPA. De plus, nous avons noté précédemment que le ratio EPA/DHA contenu dans les différents aliments reste compris entre 0,43 et 0,66, ce qui signifie que l'EPA se retrouve en plus faible quantité dans l'alimentation alors que nous observons l'inverse dans le jaune d'œuf et les différents tissus testés avec une incorporation plus importante de DHA par rapport à l'EPA (ratio EPA/DHA > 1). Par ailleurs il est intéressant de noter que l'enrichissement en EPA et DHA chez les animaux supplémentés tend à être plus importante chez le groupe Rt (foie et muscles), de même que les différences d'incorporation entre EPA et DHA tendent à être moins marquées chez ces mêmes animaux (Tableau 1).

### 2.3. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur le poids, l'engraissement, l'ingéré de 3 à 39 semaines et la surface des muscles à l'abattage

Dès la 6<sup>ème</sup> sem, nous observons un effet significatif ( $p < 0,0001$ ) de la restriction sur le poids et l'ingéré des animaux. Un effet similaire est noté pour l'engraissement dès la première mesure de BIA (12 sem). Toutefois, aucun effet de la supplémentation en AGPI n'est observé sur ces paramètres tout au long de l'étude. Le poids moyen des animaux, à la fin de l'étude, est de 3,58 kg ( $\pm 0,055$  kg) dans le groupe C, 3,54 kg ( $\pm 0,036$  kg) dans le groupe A, 4,92 kg ( $\pm 0,053$  kg) dans le groupe D et 4,85 kg ( $\pm 0,056$  kg) dans le groupe B (Figure 1). Le pourcentage de masse grasseuse obtenu par BIA, à la fin de l'étude, est de 41,84 % dans le groupe C, 41,18 % dans le groupe A, 60,79 % dans le groupe D et 59,83 % dans le groupe B (Figure 1). De plus, nous montrons une corrélation positive entre ces résultats et ceux obtenus par analyse de la carcasse ( $r = 0,92$ ,  $p < 0,0001$ ) et par mesure du poids de gras abdominal ( $r = 0,54$ ,  $p < 0,0001$ ). Par conséquent, le BIA paraît être une méthode alternative permettant de s'affranchir de l'abattage des animaux. La quantité d'aliment ingéré, tout au long de la période étudiée, est de 101,75

g/poule/jour ( $\pm 6,85$  g/poule/jour) dans le groupe Rt et  $141,95$  g/poule/jour ( $\pm 7,37$  g/poule/jour) dans le groupe Ad. A l'abattage (39 sem), la restriction alimentaire contrairement à la supplémentation a diminué significativement ( $p < 0,05$ ) la surface du muscle pectoral majeur ( $17,90 \text{ cm}^2 \pm 1,18 \text{ cm}^2$  pour le groupe Rt et  $22,47 \text{ cm}^2 \pm 0,95 \text{ cm}^2$  pour le groupe Ad), du muscle pectoral mineur ( $27,40 \text{ cm}^2 \pm 2,48 \text{ cm}^2$  pour le groupe Rt et  $31,49 \text{ cm}^2 \pm 2,14 \text{ cm}^2$  pour le groupe Ad) ainsi que celle du sot-l'y-laisse ( $4,78 \text{ cm}^2 \pm 0,28 \text{ cm}^2$  pour le groupe Rt et  $6,53 \text{ cm}^2 \pm 0,25 \text{ cm}^2$  pour le groupe Ad). L'une des raisons qui peut expliquer l'absence d'effet de la supplémentation en AGPI est que la supplémentation a été utilisée à un trop faible taux (ici 1%) dans l'alimentation.

#### **2.4. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur les concentrations plasmatiques de facteurs métaboliques et d'adipocytokines**

Avant la ponte, le régime Rt diminue les concentrations plasmatiques de triglycéride et augmente celles de l'adiponectine. Pendant cette même période on observe une augmentation des concentrations plasmatiques d'adiponectine et de visfatine et une diminution des concentrations plasmatiques de triglycérides chez les animaux supplémentés. A la 21<sup>ème</sup> sem, au moment de l'entrée en ponte, le régime Rt diminue les concentrations plasmatiques des phospholipides et augmente celle de l'insuline et de la chémérine. De plus, la supplémentation en AGPI augmente les concentrations plasmatiques de glucose et diminue celles de la chémérine. Après l'entrée en ponte (dès la 27<sup>ème</sup> sem), le régime Rt diminue les concentrations plasmatiques de triglycérides, de cholestérol et de phospholipides. Par ailleurs, les concentrations plasmatiques de glucose sont plus grandes chez les animaux supplémentés. De manière surprenante nous n'observons pas de régulation inversée entre les niveaux circulants de glucose et d'insuline. Aussi, nous constatons une corrélation positive de l'insulinémie avec l'adiponectinémie, la visfatinémie et la chémérinémie ainsi qu'une corrélation négative du pourcentage de masse grasseuse avec la chémérinémie et positive avec la visfatinémie.

#### **2.5. Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur l'expression des adipocytokines dans le tissu adipeux, le foie et le muscle**

Les adipocytokines (ANGPTL4, angiopoietin protein like 4, adiponectine, chémérine et visfatine) sont des hormones sécrétées par le tissu adipeux mais qui sont aussi exprimées dans le foie et le muscle. Des études montrent une implication de ces adipocytokines dans le métabolisme lipidique (Wang et al. 2016) (Rabe et al. 2008). La détermination de l'effet du régime et de la supplémentation en AGPI sur l'expression des adipocytokines a été analysée comme décrit dans 1.8.

Ainsi, nous observons un effet significatif ( $p \leq 0,05$ ) du régime sur l'expression du transcrite de la chémérine ( $2,023 \pm 0,174$  pour le groupe Rt vs  $2,650 \pm 0,253$  pour le groupe Ad) et de la visfatine ( $0,176 \pm 0,012$  pour le groupe Rt vs  $0,299 \pm 0,044$  pour le groupe Ad) dans le foie, de la chémérine ( $0,053 \pm 0,004$  pour le groupe Rt vs  $0,077 \pm 0,011$  pour le groupe Ad) dans le TA abd, de la chémérine ( $0,460 \pm 0,085$  pour le groupe Rt vs  $0,256 \pm 0,048$  pour le groupe Ad), de ANGPTL ( $0,519 \pm 0,102$  pour le groupe Rt vs  $0,107 \pm 0,022$  pour le groupe Ad) et de l'adiponectine ( $1,641 \pm 0,261$  pour le groupe Rt vs  $0,741 \pm 0,133$  pour le groupe Ad) dans le TA sc et aucun effet dans le Pecto. D'autre part nous montrons un effet significatif ( $p \leq 0,05$ ) de la supplémentation sur l'expression du transcrite de ANGPTL ( $0,013 \pm 0,002$  pour le groupe supplémenté vs  $0,018 \pm 0,003$  pour le groupe non supplémenté) et de l'adiponectine ( $0,002 \pm 0,0004$  pour le groupe supplémenté vs  $0,001 \pm 0,0001$  pour le groupe non supplémenté) dans le foie, de l'adiponectine ( $0,031 \pm 0,004$  pour le groupe supplémenté vs  $0,016 \pm 0,002$  pour le groupe non supplémenté) dans le Pecto et dans le TA sc ( $0,752 \pm 0,165$  pour le groupe supplémenté vs  $1,575 \pm 0,242$  pour le groupe non supplémenté) et aucun effet dans le TA abd.

#### **CONCLUSION**

En conclusion, nous montrons que la quantité et la composition lipidique de l'alimentation apportée aux animaux au cours de leur développement influence leur état corporel. De plus, dans cette étude nous observons que l'état corporel et plus particulièrement l'état d'engraissement des poules peut être évalué par BIA, une méthode permettant de s'affranchir de la mise à mort des animaux. Cependant les calculs utilisés ne permettent pas d'obtenir de résultats pour des animaux âgés de moins de 12 sem. Par ailleurs, nous n'avons aucune indication de l'effet des pinces à l'électrode sur le niveau de stress des animaux. En outre, nous montrons que la visfatine l'adiponectine et la chémérine sont présentes au niveau plasmatique et tissulaire chez la poule. Aussi, nous démontrons que leur expression varie au cours du temps et est sensible à l'état nutritionnel et corporel de l'animal. Les concentrations plasmatiques de chémérine et de visfatine sont liées à la masse grasseuse de l'animal ce qui en fait des indicateurs potentiels de l'état corporel chez la poule. Ainsi, grâce à cette étude nous pouvons dire que la restriction alimentaire et la supplémentation en AGPI modifient les paramètres métaboliques ainsi que les sécrétions des adipocytokines chez la poule reproductrice. De plus nous apportons deux outils supplémentaires (BIA et analyse plasmatique d'adipocytokines) susceptibles d'être utilisés en routine par les éleveurs pour détecter d'éventuels désordres du métabolisme.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

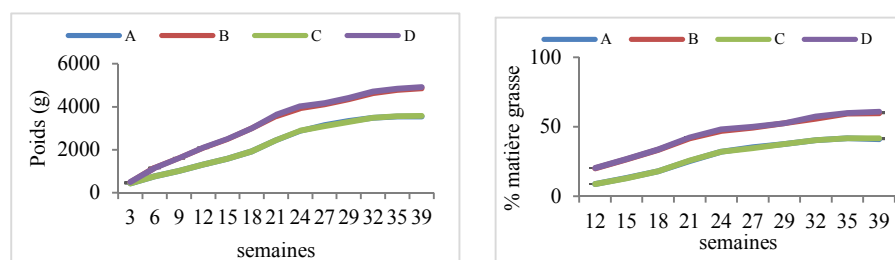
- **de Jong, I. C.**, S. van Voorst, D. A. Ehlhardt, and H. J. Blokhuis, 2002. Effects of Restricted Feeding on Physiological Stress Parameters in Growing Broiler Breeders. *British Poultry Science* 43(2): 157–168.
- **Diot, M.**, Reverchon, M., Ramé, C., Froment, P., Dupont, J., 2015. Expression of adiponectin, chemerin and visfatin in plasma and different tissues during a laying season in turkeys. *Reproductive biology and endocrinology* 13:81.
- **Morrison, W.R.**, Smith, L.M, 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl esters from lipids with boron fluoride methanol. *Journal of Lipid Research* 5: 600-608
- **Poniedziałek-Czajkowska**, Elzbieta, Radzislav Mierzynski, Zaneta Kimber-Trojnar, Bozena Leszczynska-Gorzela, and Jan Oleszczuk, 2014. Polyunsaturated Fatty Acids in Pregnancy and Metabolic Syndrome: A Review. *Current Pharmaceutical Biotechnology* 15(1): 84–99.
- **Rabe**, Katja, Michael Lehrke, Klaus G. Parhofer, and Uli C. Broedl, 2008. Adipokines and Insulin Resistance. *Molecular Medicine (Cambridge, Mass.)* 14(11–12): 741–751.
- **Richards, M. P.**, and M. Proszkowiec-Weglarz, 2007. Mechanisms Regulating Feed Intake, Energy Expenditure, and Body Weight in Poultry. *Poultry Science* 86(7): 1478–1490.
- **Wang, Yi**, Li-Ming Liu, Li Wei, et al., 2016. Angiopoietin-like Protein 4 Improves Glucose Tolerance and Insulin Resistance but Induces Liver Steatosis in High-Fat-Diet Mice. *Molecular Medicine Reports* 14(4): 3293–3300.

**Tableau 1.** Effet du régime restreint (Rt) vs ad libitum (Ad) et de la supplémentation en AGPI (Supp) sur la composition en acide gras (DHA et EPA) représentée en % de lipides totaux dans le jaune d'œufs (JO), le tissu adipeux abdominal (TA abd), le muscle (filet et cuisse) et le foie. Les valeurs sont représentées selon des moyennes  $\pm$  SEM.

		Ad			Rt		
		Contrôle (Ctrl)	Supp	Ratio Supp/Ctrl	Contrôle	Supp	Ratio Supp/Ctrl
JO	DHA	0,065 $\pm$ 0,009	0,114 $\pm$ 0,010	1,753	0,065 $\pm$ 0,016	0,130 $\pm$ 0,012	2
	EPA	1,339 $\pm$ 0,110	2,191 $\pm$ 0,108	1,636	1,337 $\pm$ 0,114	2,117 $\pm$ 0,108	1,583
	ratio EPA/DHA	20,6	19,219		20,569	16,284	
TA abd	DHA	0,017 $\pm$ 0,003	0,031 $\pm$ 0,004	1,802	0,021 $\pm$ 0,006	0,044 $\pm$ 0,014	2,095
	EPA	0,033 $\pm$ 0,004	0,043 $\pm$ 0,008	1,303	0,036 $\pm$ 0,004	0,073 $\pm$ 0,021	2,027
	ratio EPA/DHA	1,941	1,387		1,714	1,659	
Filet	DHA	0,089 $\pm$ 0,009	0,290 $\pm$ 0,033	3,258	0,079 $\pm$ 0,011	0,335 $\pm$ 0,046	4,240
	EPA	1,117 $\pm$ 0,064	1,718 $\pm$ 0,221	1,538	1,006 $\pm$ 0,128	2,172 $\pm$ 0,281	2,159
	ratio EPA/DHA	12,550	5,924		12,734	6,483	
Cuisse	DHA	0,126 $\pm$ 0,032	0,245 $\pm$ 0,039	1,944	0,079 $\pm$ 0,016	0,145 $\pm$ 0,002	1,835
	EPA	0,416 $\pm$ 0,077	0,598 $\pm$ 0,039	1,437	0,458 $\pm$ 0,067	0,725 $\pm$ 0,029	1,582
	ratio EPA/DHA	3,301	2,440		5,797	5	
Foie	DHA	0,022 $\pm$ 0,010	0,046 $\pm$ 0,004	2,090	0,064 $\pm$ 0,018	0,130 $\pm$ 0,021	2,031
	EPA	2,143 $\pm$ 0,212	1,494 $\pm$ 0,355	0,697	2,846 $\pm$ 0,232	4,507 $\pm$ 0,639	1,583
	ratio EPA/DHA	97,409	32,478		44,468	34,669	

**Figure 1.** Effet du régime restreint et de la supplémentation en AGPI sur le poids et l'engraissement.

A : restreint + omega 3 ; B : ad libitum + omega 3 ; C : restreint – omega 3 ; D : ad libitum – omega3



## UN APPORT DE TRIBUTYRINE CHEZ LA POULE REPRODUCTRICE (SOUCHE CHAIR *GALLUS*) INFLUENCE LA FERTILITÉ, LE TAUX D'ECLOSION, ET LA PERFORMANCE DES POUSSINS D'1 JOUR

**Schwarzer Koen<sup>1</sup>, Alleno Christophe<sup>2</sup>, Michard Jacky<sup>3</sup>, Wielsma Geert<sup>1</sup> et Michaut Christophe<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*PERSTORP - Industrieweg 8 - 5165 NH WASPIK, PAYS-BAS*

<sup>2</sup>*Zootests - Parc Technologique du Zoopôle - 22440 PLOUFRAGAN*

<sup>3</sup>*HUBBARD - Mauguierand, 22800 - LE FOEIL*

[koen.schwarzer@perstorp.com](mailto:koen.schwarzer@perstorp.com)

### RÉSUMÉ

L'acide butyrique est connu pour ses effets biologiques chez l'homme et l'animal. Le but de cette étude est d'évaluer l'impact d'une supplémentation de l'aliment en acide butyrique (sous forme de Tributyrine, ProPhorce<sup>TM</sup> SR 130), sur les œufs (qualité, fertilité, éclosabilité) ainsi que sur les performances à 8 jours des poussins qui en sont issus. La performance de reproduction, pour la lignée femelle D des souches Hubbard, est comparée pour 3 groupes : témoin négatif, aliment standard ; témoin + Tributyrine à 0.5 kg/tonne ; témoin + Tributyrine à 1.0 kg/tonne et mortalité, ingestion, taux de ponte sont enregistrées entre 49 et 56 semaines d'âge. La mesure de la qualité des œufs enregistrés à 48 et 56 semaines d'âge, sur œufs frais et sur œufs après stockage ne présentaient pas de différences significatives entre animaux témoins et animaux supplémentés par la Tributyrine.

L'éclosabilité et les performances des descendants sont mesurées lorsque les poules ont atteint 56 semaines d'âge.

Les résultats d'éclosion ont mis en évidence des différences significatives sur le taux de fécondation ( $p=0.004$ ) et sur le taux d'éclosion ( $p=0.011$ ) entre les groupes recevant l'aliment témoin et ceux contenant la Tributyrine. Les performances ultérieures des poussins d'1 jour (P1J) mettent en évidence des différences statistiquement significatives pour les croissances relatives entre 1 et 8 jours d'âge ( $p=0.030$ )

Il peut être conclu que la supplémentation de l'aliment en Tributyrine améliore significativement la fertilité des œufs, le taux d'éclosion et la croissance des poussins d'1 jour pendant leur première semaine.

### ABSTRACT

**The effect of diet inclusion of Tributyrin in broiler breeders on egg quality and the performance of their day-old chicks.**

Butyric acid is known for its biological functions in animals and human. The aim of the study was to evaluate the impact of diet supplementation of butyric in the form of Tributyrin, (as ProPhorce<sup>TM</sup> SR 130 dry) on; egg quality, fertility, hatching rate and the performance of their day-old chicks during the first 8 days of age.

The performance (mortality, daily feed consumption and laying rate) of breeders, female D line Hubbard, in three treatment groups: Control, standard diet; Control + Tributyrin at 0.5 kg/ton; Control + Tributyrin at 1.0 kg/ton has been recorded between 49 and 56 weeks of age. Egg quality measurements at 48 and 56 weeks of age on fresh eggs and stored eggs did not show statistical significant differences between birds fed control diet or Tributyrin containing diet.

Hatching test and day-old chick performance at 56 weeks of age showed statistical significant difference in fertility rate ( $p=0.004$ ) and hatching rate ( $p=0.011$ ) between the groups receiving the control diet or diet supplemented with Tributyrin. Day-Old chick (DOC) performance resulted in statistical significant differences measured by the relative growth rate at 8 days of age; ( $P=0.030$ ). The diet supplementation of Tributyrin had statistical significant effect on egg fertility, hatching rate and DOC growth rate during the first week of Age.

## INTRODUCTION

L'éclosabilité revêt une importance économique majeure pour la filière poulet de chair, du fait de son impact direct sur la production de poussins. Quant à la fertilité, elle dépend de facteurs génétiques et environnementaux provenant de la femelle et du mâle (Wolc et al. 2009), alors que la survie embryonnaire est fonction de son propre génotype et de la qualité interne de l'œuf.

Le rôle de l'acide butyrique sur les fonctions biologiques chez l'homme et l'animal sont bien connues (Guilloteau P. et al, 2010). Effet d'ovo addition de tributyrine sur l'éclosabilité, fertilité, qualité de poussin, a été démontré chez la poule reproductrice (Salahi et al 2011).

Le but de cette étude est d'évaluer l'impact d'une supplémentation en acide butyrique sous forme de Tributyrine via l'aliment sur la qualité des œufs, leur, leur éclosabilité et les performances de croissance des poussins entre 1 et 8 jours.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Le plan expérimental

L'effet de la Tributyrine (ProPhorce™ SR 130, 62 % Tributyrine) à 3 niveaux d'incorporation dans l'aliment (0, 0,5 et 1,0 kg/tonne) sur les performances du cheptel reproducteur souche chair est mesuré sur la lignée femelle D du schéma génétique Hubbard. 3 groupes de 288 femelles reproductrices souche chair ont été divisés en 12 répétitions de 24 femelles (4 poules/cage x 6 cages/répétition). Les reproducteurs sont transférés du bâtiment d'élevage au bâtiment de ponte à l'âge de 21 semaines. Les effets sont mesurés de 49 à 56 semaines (durée = 56 jours).

Les animaux ont subi un rationnement strict durant toute la période de production, en conséquence le niveau d'ingestion quotidien était similaire dans les 3 groupes : les poules ont reçu 135 g/jour pendant tout l'essai ; les coqs ont reçu 120 g/jour pendant tout l'essai.

### 1.2. Les groupes expérimentaux

Groupe 1 = Aliment témoin

Groupe 2 = Aliment témoin + Supplémentation Tributyrine à 0.5 kg/tonne,

Groupe 3 = Aliment témoin + Supplémentation Tributyrine à 1 kg/tonne.

Les poules et coqs de chaque groupe ont reçu le même aliment.

### 1.3. Performance des poussins d'1 jour

400 poussins d'1 jour (P1J) provenant de chaque traitement ont été répartis dans des petites cases (8 cases/traitement x 50 poussins/case), pendant une durée de 7 jours. Pour ce contrôle de performances,

seuls des poussins mâles de 1ère qualité ont été choisis dans chaque groupe de reproducteurs.

Données recueillies dans chaque case : taux de mortalité, poids individuel à 1 jour (Wt1), poids individuel à 8 jours (Wt8).

Performance de croissance relative (RG) par case sur les P1J :  $RG = 100 \times (Wt8 - Wt1)/Wt1$

### 1.4. Le planning

Age (en semaines)	Actions
21	Transfert vers le bâtiment de ponte
De 49 à 56	Enregistrement des mortalités Mesure de l'ingéré Enregistrement de la production quotidienne d'œufs Echantillonnage de l'aliment
48	Mesures de la qualité des œufs (200 œufs/lot) Mesure des poids corporels individuels
49	Début de distribution de l'aliment supplémenté
56	Mesures de la qualité des œufs (200 œufs/lot) Test d'éclosabilité réalisé sur 2700 œufs/lot. P1J : enregistrement des performances réalisées sur 400 poussins /lot Mesure des poids corporels individuels

### 1.5. Traitement statistique

Dans l'élevage, l'unité expérimentale est un lot de 24 reproducteurs. Dans l'éclosoir, l'unité expérimentale est le plateau de 150 œufs prêts à éclore. L'unité statistique est l'œuf.

*Représentativité des groupes initiaux*

Les poules sont randomisées au sein des différentes répétitions. La mesure des poids individuels à 48 semaines confirme la représentativité des groupes initiaux.

*Tests statistiques*

Le modèle statistique (procédure GLM du logiciel SAS) ci-dessous est utilisé pour les caractéristiques quantitatives (consommation d'alimentation, poids de la poule, caractéristiques de qualité des œufs et poids des poussins) :

$$X_{ijk} = m + a_i + b_j + d_{ij} + E_{ijk}$$

$X_{ijk}$  = trait mesuré

M = moyenne

$A_i$  = effet fixe du  $i^{\text{ème}}$  traitement

$B_j$  = effet fixe de la  $j^{\text{ème}}$  zone

$D_{ij}$  = traitement \* interaction de la zone

$E_{ijk}$  = résiduel

Le modèle statistique (procédure mixte du logiciel SAS) ci-dessous est utilisé pour le nombre cumulé d'œufs :

$$X_{ijk} = m + a_i + b_j + d_{ij} + E_{ijk}$$

$X_{ijk}$  = trait mesuré

$M$  = moyenne

$A_i$  = effet fixe du  $i^{\text{ème}}$  traitement

$B_j$  = effet du  $j^{\text{ème}}$  âge (comme données répétées)

$D_{ij}$  = traitement \* interaction de l'âge

$E_{ijk}$  = résiduel

Dans l'étude, les caractéristiques qualitatives sont : le taux de mortalité des femelles, le taux de fécondité, le taux d'éclosion, le taux d'éclosion, le taux des poussins de 1ère qualité et la viabilité à 8 jours. Risque Alpha à 5%. Logiciels SAS utilisés pour la réalisation des tests statistiques.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Performances des reproducteurs

Il n'a pas été observé de différences statistiquement significatives sur le poids individuel : avant 48 semaines, le poids moyen est de  $2619 \pm 215$  g ( $p = 0,782$ ) et post-traitement à 56 semaines d'âge, le poids moyen est de  $2607 \pm 225$  g ( $p = 0,288$ ). La mortalité cumulée atteint 2.1 % ( $p = 0.329$ ) et le nombre cumulé d'œufs produits, moyen  $4,50 \pm 1,03$ , était identique ( $p = 0.714$ ).

### 2.2. Qualité des œufs

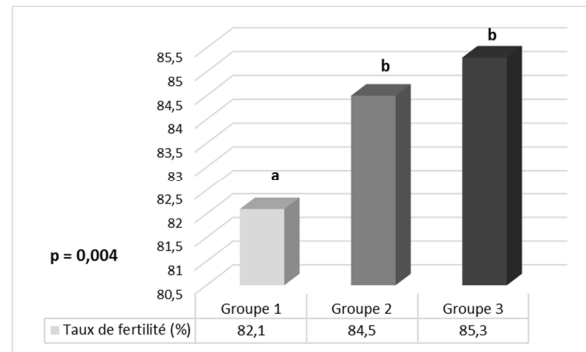
Il n'est pas observé de différence statistiquement significative entre 48 semaines et 56 semaines d'âge entre les 3 groupes : poids des œufs, dureté statique de la coquille, force de fracture de la coquille, unité de Haugh (Tableau 1).

### 2.3. Test d'éclosion

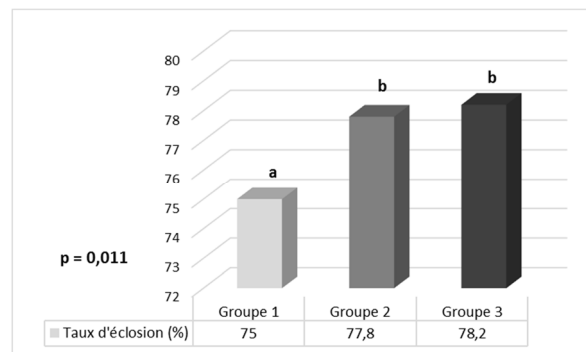
Le taux de fertilité (nombre d'œufs fertiles / nombre d'œufs incubés, Figure 1) et le taux d'éclosion (nombre de P1J / nombre d'œufs incubés, Figure 2) des lots dont les reproducteurs ont reçus les régimes avec Tributyrine sont améliorés significativement par rapport au lot témoin.

Le taux d'éclosabilité (nombre de P1J / nombre d'œufs fertiles ( $p=0,704$ )) n'a pas montré de différence significative entre les traitements.

**Figure 1. Taux de fertilité selon les régimes contenant 0 ; 0,5 ; 1kg/tonne de Tributyrine**



**Figure 2. Taux d'éclosion selon les régimes contenant 0 ; 0,5 ; 1kg/tonne de Tributyrine**



### 2.4. Performances des poussins

Les premiers huit jours des poussins sont important pour une bonne performance jusqu'à la fin de bande (Yassin et al 2009). Il est possible de caractériser la qualité des poussins par le suivi de 2 paramètres : mortalité et performance de démarrage. La supplémentation Tributyrine des aliments des reproducteurs influence significativement le gain de poids des poussins entre 1 et 8 jours :

- à 1 jour : Groupe 1 (36.9 g) ; Groupe 2 (36.8 g) > Groupe 3 (36.1 g) ( $p < 0.001$  \*\*\*) (Tableau 2). Une analyse de variance a été réalisée sur les taux de croissance.

- 8 jours : Groupe 2 (115.0 g) > Groupe 3 (111.7 g) ; Groupe 1 (110.8 g) ( $p < 0.001$  \*\*\*) (Tableau 3).

La croissance relative des poussins âgés de 8 jours et dont les parents ont reçu la tributyrine (Tableau 4) a été accrue, en comparaison aux poussins dont les parents n'ont reçu que l'aliment témoin ; les taux de croissance ont été respectivement groupe 1 : 200,2 % groupe 2 : 212,4 % et groupe 3 : 209,6 % ( $p=0,030$ ).

## CONCLUSION

La supplémentation alimentaire en Tributyrine, comme source de l'acide butyrique, des reproducteurs de souche chair ont une influence statistiquement significative sur la fertilité des œufs et sur leur taux d'éclosion. Le taux de croissance pendant la première semaine des poussins issus de géniteurs supplémentés est également amélioré de manière significative.

**Tableau 1. Qualité des œufs ; des différentes paramètres mesurés à 48 et 56 semaines d'âge des trois groupes**

Age (Semaines)	48		56	
<b>Poids des œufs (g)</b>				
Groupe 1	60,0 ± 4,0	NS	60,8 ± 4,2	NS
Groupe 2	59,9 ± 4,1	NS	60,3 ± 4,5	NS
Groupe 3	59,5 ± 4,1	NS	60,2 ± 4,3	NS
	$p = 0,471$		$p = 0,361$	
<b>Dureté statique de la coquille (N/mm)</b>				
Groupe 1	134,3 ± 22,6	NS	136,6 ± 25,3	NS
Groupe 2	132,0 ± 24,8	NS	133,2 ± 22,6	NS
Groupe 3	132,5 ± 24,8	NS	134,8 ± 24,0	NS
	$p = 0,656$		$p = 0,381$	
<b>Force de fracture de la coquille (N)</b>				
Groupe 1	28,8 ± 5,6	NS	29,3 ± 6,0	NS
Groupe 2	28,2 ± 5,8	NS	28,7 ± 5,5	NS
Groupe 3	28,3 ± 6,3	NS	29,1 ± 5,9	NS
	$p = 0,610$		$p = 0,578$	
<b>Unité de Haugh</b>				
Groupe 1	84,9 ± 7,7	NS	77,2 ± 10,4	NS
Groupe 2	84,7 ± 8,9	NS	75,3 ± 12,8	NS
Groupe 3	83,9 ± 8,8	NS	75,2 ± 12,7	NS
	$p = 0,522$		$p = 0,223$	

X Moyenne ± écart-type (CV%)

Les moyens avec la même lettre ne sont pas significativement différents

Codes significatifs de la valeur p : 0 \*\*\* (différence très significative), 0,001 \*\* (différence très significative), 0,01 \* (différence significative), 0,05 ' (différence marginale)

**Tableau 2. Poids des poussins à 1 jour (g) selon le programme d'alimentation**

Batch	Jour 1	Nombres des animaux
Groupe 1	36.9 ± 3.3 (8.9) <sup>a</sup>	400
Groupe 2	36.8 ± 3.5 (9.5) <sup>a</sup>	400
Groupe 3	36.1 ± 3.0 (8.2) <sup>b</sup>	400
Whole sample	36.6 ± 3.3 (8.9)	1200
Bartlett test	$p = 0.005$ **	
Shapiro test	$p = 0.004$ **	
Batch	$p < 0.001$ ***	
Kruskal – Wallis Batch	$p < 0.001$ ***	

X Moyenne ± écart-type (CV%)

Les moyens avec la même lettre ne sont pas significativement différents

Codes significatifs de la valeur p : 0 \*\*\* (différence très significative), 0,001 \*\* (différence très significative), 0,01 \* (différence significative), 0,05 ' (différence marginale)

**Tableau 3. Poids des poussins à 8 jours (g) selon le programme d'alimentation**

Batch	Jour 8	Nombres des animaux
Groupe 1	110.8 ± 11.3 (10.2) <sup>b</sup>	396
Groupe 2	115.0 ± 11.3 (9.8) <sup>a</sup>	396
Groupe 3	111.7 ± 11.7 (10.5) <sup>b</sup>	398
Totale	112.5 ± 11.6 (10.3)	1190
Bartlett test	p = 0.694	
Shapiro test	p = 0.366	
Batch	p < 0.001 ***	

X Moyenne ± écart-type (CV%)

Les moyens avec la même lettre ne sont pas significativement différents

Codes significatifs de la valeur p : 0 \*\*\* (différence très significative), 0,001 \*\* (différence très significative), 0,01 \* (différence significative), 0,05 ' (différence marginale)

**Tableau 4. Taux de croissance relative des poussins entre 1 et 8 jours d'âge**

Batch	Jour 8	Nombres des cases
Groupe 1	200.2 ± 7.1 (3.5) <sup>b</sup>	8
Groupe 2	212.4 ± 10.4 (4.9) <sup>a</sup>	8
Groupe 3	209.6 ± 8.7 (4.2) <sup>a</sup>	8
Totale	207.4 ± 10.0 (4.8)	24
Bartlett test	p = 0.618	
Shapiro test	p = 0.951	
Batch	p = 0.030 *	

X Moyenne ± écart-type (CV%)

Les moyens avec la même lettre ne sont pas significativement différents

Codes significatifs de la valeur p : 0 \*\*\* (différence très significative), 0,001 \*\* (différence très significative), 0,01 \* (différence significative), 0,05 ' (différence marginale)

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Guilloteau P., Martin L., Eeckhaut V., Ducatelle R., Zabielski R., and Van Immerseel F., Nutrition Research Reviews (2010), 23, 366–384, From the gut to the peripheral tissues: the multiple effects of butyrate.
- Salahi A., Mousavi S., Foroudi F., Khabisi M. and Norozi M., Global Veterinaria 7 (5): 468-477, 2011 ISSN 1992-6197, 2011, Effects of in ovo Injection of Butyric Acid in Broiler Breeder Eggs on Hatching Parameters, Chick Quality and Performance
- Wolc, A. and V. E. Olori. 2009. Proc. 6th Eur. Poult. Genet. Symp, Będlewo, Poland. Genetics of hatchability
- Egg quality from the perspective of a chick.
- Yassin H., Velthuis A.G.J., Boerjan M., and Van Riel J 2009 Poultry Science Association Inc., 798-804
- , Field study on broilers' first-week mortality,



# SESSION NUTRITION

## Posters

## EFFETS DE L'INCORPORATION DE DRECHES D'ORGES LOCAUX DANS LA RATION SUR LA CROISSANCE DE POULETS DE CHAIR (ALGERIE)

Arbouche Halima Saâdia<sup>1</sup>, Arbouche Rafik<sup>1</sup>, Arbouche Yasmine<sup>2</sup>, Arbouche Fodil<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSITE D'ADRAR - route nationale n°06 - 01000 ADRAR,

<sup>2</sup>UNIVERSITE SETIF 1 - el baz - 019000 SETIF

[rafik\\_arbouche@yahoo.fr](mailto:rafik_arbouche@yahoo.fr)

### RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude a été de déterminer les effets de l'incorporation de drèches d'orges locales dans la ration alimentaire en substitution au maïs, sur les performances de croissance de poulets de chair. Au total, 250 poussins de souche F15 âgés de 1 jour ont été répartis en 5 groupes de 50 en fonction du taux de substitution du maïs par la drèche d'orge locale (0 %, 10%, 20 %, 30% et 40 %) pendant 48 jours.

Aucun cas de mortalité n'a été observé quel que soit le groupe. Les poids vifs, les gains moyens pondéraux, et les ingérés alimentaires ont été significativement diminués et de façon proportionnelle à la quantité de drèche d'orge incorporée durant les phases de démarrage (J1 à J20), de croissance (J21 à J33) et de finition (J34 à J48) pour des taux de substitutions de 30 % et 40 % alors que l'indice de consommation a significativement augmenté. Pour un taux de substitution de 20 %, ces paramètres n'ont pas été significativement altérés et ils ont connu une amélioration pour le taux de substitution de 10%. Ces résultats montrent que la drèche d'orge de variété locale incorporée dans la ration à 30 % ou plus retarde significativement les performances de croissance des poulets, et ce en raison du taux élevé de cellulose brute.

### ABSTRACT

#### Effect of the incorporation of brewers' grains on growth performance of broilers

The study aimed to evaluate the effects of brewers' grains incorporated to the broiler diets on growth performance. A total of 250 one day old F15 broiler chickens was randomly divided into 5 equal groups according to the substitution rate of maize with brewers' grains (0%, 10%, 20%, 30% and 40%) for 48 days.

No mortality was observed in any groups. The feed conversion was poorer, and the body weights, weight gains and feed intakes were decreased proportionally to the substitution rates in birds receiving diets substituted with 30% or 40% brewers' grains during starting, growing and finishing periods. For a substitution rate of 20%, the parameters were not significantly altered while there was an improvement with a rate of substitution of 10%. These results show that the incorporation of brewers' grains beyond 20% into broiler diets delays growth probably because of the high crude fiber.

## INTRODUCTION

Les rations destinées aux monogastriques notamment aux volailles, sont essentiellement composées de tourteaux de soja et de maïs qui sont des matières premières totalement importées par l'Algérie. Leur substitution par des matières premières locales ou leurs coproduits, constituerait une alternative intéressante pour réduire le coût de revient des productions animales et la préservation de leur potentiel génétique (Arbouche 2012, Boudouma et Berchiche 2010). L'emploi des coproduits de variétés d'orges locales dans les formules alimentaires du poulet de chair aura pour avantage la réduction de l'importation du maïs et la valorisation de produits locaux.

Plusieurs auteurs s'accordent à dire que la valeur nutritive des drèches de distillerie ou de brasserie, est fonction du procédé de fabrication (Jie et al 2013, Cozannet et al 2011, Jacela et al 2010, Pahn et al 2009) et s'ils sont conditionnés en sec, du processus de séchage qui impliquerait des réactions de Maillard plus ou moins importantes, entraînant des compositions chimiques diverses. En Algérie, les matières premières pouvant être utilisées en brasserie sont essentiellement les orges de variétés locales (Tichedret et Saida) dont la composition chimique moyenne est différente notamment en protéines et cellulose brute de celles de leurs homologues européens (Arbouche 2008, 2012). Les drèches qu'elles engendrent sont surtout utilisées pour l'alimentation des ruminants notamment pour la production laitière avec un impact économique conséquent. Pour la volaille dont l'alimentation est constituée d'une ration unique, son impact sur la substitution du maïs est à déterminer et demeurera certes partiel à cause du taux élevé en cellulose brute. Cependant, quel que soit le niveau de substitution atteint, il ne sera que bénéfique sur le prix de revient, vu que le maïs est importé dans sa totalité.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux, régimes alimentaire et protocole expérimental

Notre expérimentation s'est déroulée au niveau de la coopérative avicole de la wilaya d'EL TARF, au cours des mois de juin et juillet 2013. Cette période était caractérisée par une température moyenne de 28°C et un taux d'hygrométrie moyen de 76%.

Deux cent cinquante poussins d'un jour; de souche HUBBARD F15, pesant en moyenne 45 g, ont été répartis en cinq parquets homogènes d'une surface de 5 m<sup>2</sup> chacun et constitué de 50 sujets chacun, dans un bâtiment fermé avec ventilation statique. La litière était constituée de sciure de bois. La drèche de brasserie constituée d'orge, provenait de l'unité de fabrication de la bière de la wilaya de Annaba. Le séchage a été effectué par exposition à l'air libre et au

soleil afin d'éviter les inconvénients signalés par Fritzch et Abadjieff (1977) lors de leur distribution en frais. La composition chimique des drèches de brasserie a été déterminée par la méthode de l'AOAC (1990) avec une répétitivité de 3 (Tableau 1).

Les analyses ont porté sur la matière sèche, la matière azotée totale, la cellulose brute, la matière grasse et la matière minérale. L'énergie brute a été déterminée par calorimétrie adiabatique. Cinq rations iso énergétiques ont été conçues, contenant 0% (aliment témoin), 10, 20, 30, et 40% de drèche de brasserie en substitution au maïs durant les différentes phases d'élevage (Tableau 2).

Durant les dix premiers jours, l'éclairage continu a été maintenu dans le poulailler puis a été réduit à 18 h de durée diurne pour 6 h nocturne. Une température variant entre 36 et 38°C a été maintenue durant les dix premiers jours grâce à des éleveuses à gaz. L'eau et l'aliment ont été distribués ad libitum. Les poulets ont été vaccinés contre la maladie de Newcastle et la bronchite infectieuse aux cinquièmes et vingt quatrième jours d'élevage et contre la maladie de Gumboro à 23 et 28 jours d'âge ; un anticoccidien a été administré par voie buccale à 15 et 28 jours durant 3 jours successifs.

Les animaux ont été individuellement pesés à 10 et 20 jours d'âge durant la phase démarrage, à 33 jours et à 42 et 48 jours d'âge pendant la phase finition. Pendant toute la phase d'élevage, l'aliment a été distribué à volonté et le refus pesé quotidiennement. Le taux de mortalité a été relevé tous les jours sur l'ensemble de l'expérimentation.

### 1.2. Analyses statistiques

La statistique descriptive et l'analyse de variance du modèle linéaire général univarié, ont été effectuées avec le logiciel SPSS (version 18, 2008) pour l'analyse du poids vif (PV), du gain de poids quotidien (GMQ), de l'ingéré alimentaire et de l'indice de consommation (IC). Le modèle linéaire général a été utilisé pour tester les effets des facteurs sur les variables, le test post Hoc par l'application du test S.N.K (Student-Newman-Keules) et Duncan, pour estimer la signification ou l'homogénéité entre les différentes sous ensembles (test de comparaison entre les moyennes). Les différences ont été considérées comme significatives avec un risque d'erreur de 5 %.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### Résultat

Durant toute la période expérimentale, aucune mortalité n'a été enregistrée pour l'ensemble des lots. Durant la phase de démarrage (Tableau 3), on a noté un poids significativement supérieur pour le lot 10% avec 294 g à 10 jours et 579 g à 20j (P<0,005) ; le lot contrôle présentant un poids de 283 g à 10 jours et 565g à 20 jours identique au lot 20%. La vitesse de croissance exprimée par le GMQ (gain moyen quotidien), suit cette évolution entre 1 et 10 jours

(27,71g pour le lot 10) mais pas pour la période entre 10 et 20 jours où les vitesses de croissance sont identiques pour les lots 0% ; 10% et 20% à  $P < 0,005$ . Les lots 30% et 40% de substitution du maïs par des drèches de brasserie ont eu des poids et des vitesses de croissance significativement moins importants durant cette phase. Le lot 10% est resté dominant par rapport aux lots 0%, 20%, 30% et 40% durant l'ensemble de cette phase. Durant la phase de croissance, les lots 0%, 10% et 20% présentent des poids et des vitesses de croissance identiques à  $p < 0,005$ . Les lots 30% et 40% ont des poids et des vitesses de croissance moins performants.

Durant la phase de finition, les poids à 48 jours et les gains moyens quotidiens entre 34 et 48 jours (GMQ g/jour/sujet) sont similaires ( $p < 0,05$ ) pour les lots 0%, 10% et 20%. Les lots 30% et 40% ayant des poids et des GMQ inférieurs. Le GMQ sur l'ensemble de la période expérimentale (0-48 jours) est identique à  $p < 0,05$  pour les lots 0%, 10% et 20%.

Les ingérés alimentaires entre 1 et 10 jours et entre 11 et 20 jours sont significativement inférieurs ( $p < 0,05$ ) pour le lot de substitution à 10% du maïs par la drèche de brasserie (Tableau 4). Pour les mêmes périodes, les lots 0% et 20% ont des ingérés alimentaires similaires à  $p < 0,05$ . Les périodes de 21 à 33 jours et de 34 à 48 jours sont caractérisées par des similitudes de l'ingéré alimentaire pour les lots 0%, 10% et 20%. Durant les phases de démarrage, croissance et finition, les lots 30% et 40% ont eu des ingérés alimentaires bien supérieurs aux lots 0%, 10% et 20%.

Au même titre que les ingérés, le meilleur indice de consommation est à attribuer au lot 10% de substitution du maïs par la drèche de brasserie et ceci pour toutes les périodes d'élevage. De même que, les lots 0% et 20% se voient attribuer des indices de consommation identiques ( $p < 0,05$ ) pour l'ensemble des périodes. Les lots 30% et 40% ont des indices de consommation supérieurs aux lots 0%, 10% et 20%.

#### Discussion

Au travers de cette étude, il est intéressant de constater que l'incorporation de drèche de brasserie en remplacement partiel du maïs, induit chez le poulet de chair un retard de la croissance pondérale. L'augmentation de l'ingéré alimentaire pour les lots

20 et 30% semble être du fait qu'ils aient développé très vite une préférence alimentaire, acquise lors des distributions alimentaires successives comme le signale Bouvarel (2009).

Il apparaît également que les jeunes poussins (en phase de démarrage) se sont révélés moins sensibles à l'addition de 10% de drèche de brasserie dans la ration, un taux de substitution de 20 % n'entraînant pas des effets significatifs sur les performances mesurées dans les 20 premiers jours. En phase croissance et finition, les sujets ne présentent pas de sensibilité aux taux de substitution de 10% et 20% en drèches de brasserie comme le souligne Metayer et al (2009), Branckaert (1967) et Branckaert et Vallerand (1970) et serait dû à l'augmentation du taux de protéines pour ces deux phases. Plusieurs auteurs ont signalé une utilisation des drèches d'orge à des niveaux très faibles de l'ordre de 5 et 10 % (Goto et al 1974; Eldred et al 1975).

Les lots 30% et 40% ont répondu négativement aux performances zootechniques de par le taux de cellulose brute élevé comme le soulignent Morrison (1956), Borgioli (1962), Simmons (1965) et Ademosson (1973).

Pour les ingérés alimentaires et l'indice de consommation, les taux de substitution de 10% et 20% n'ont pas entraîné de chute de l'ingestion et une augmentation de l'indice de consommation contrairement à Metayer et al (2009) qui constatent une baisse de ces paramètres à partir d'un taux de substitution de 5%.

Skiba et al (2009) constatent une dégradation de l'indice de consommation des poulets pour un taux d'incorporation de 15% de drèches, et de 20% pour Bouvarel et al (2009).

#### CONCLUSION

L'utilisation de drèche d'orges locaux peut entrer jusqu'à 20 % en substitution du maïs dans les formules alimentaires du poulet de chair. A 30% et au-delà, les performances de croissance des poulets sont dégradées

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AOAC 1990.**, Association of Analytical Chemists, AOAC Inc., Arlington, Virginia, USA. 1230 p
- Ademosson A A 1973.**, British Poultry Science **14**, 463-468
- Arbouche F 2012** ., Institut National Recherche Agronomique Algérie Editeurs, Alger, 46 p.
- Arbouche H S, Arbouche Y, Arbouche R et Arbouche F 2008.**, Revue. Institut National Recherche Agronomique Algérie, 22 : 67-72.
- Borgioli E 1962.**, Ediciones Gea Barcelona ; 480p
- Boudoum A D et Berchiche M 2010** ., Journée d'étude sur le bon usage des sons cubés. ITMA – Sétif- 30 mai 136 p.
- Bouvarel I, Chagneau A M, Lescoat P, Lessire M, Vilariño M, Crepon K, Etave G, Margetyal C et Juin H 2009** ., Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 439 443
- Bouvarel I 2009.**, Thèse de doctorat Agro Paristech
- Branckaert R 1967** ., Revue Elevage Médecine vétérinaire Pays tropicaux.. 20, 595-600.

- Branckaert R et Vallerand F 1970.** , Revue Elevage Médecine vétérinaire Pays tropicaux. 23 (2) 249-255.
- Carpenter K J and Clegg K M 1956** ., Journal of the Science of Food and Agriculture. 7, 45-51.
- Cozannet P, Primot Y, Gady C, Métayer J P, Lessire M, Skiba F and Noblet J .,** British Poultry Science 52 (1):72-81
- Eldred E R, Damron B L and Harms R H 1975** Poultry Science 54, 856-860.
- Fritzch W and Abadjieff W 1967** ., Archiv.Tierern!hr., 17, 463-474.
- Goto I, Masuda Y and Senuki M 1974.**, Science Bulletin of the Faculty of Agri. Kyushu University 28, 115-116.
- Jacela J Y, Frobose H L, Derouchey J M, Tokach M D, Dritz S S, Goodband R D and Nelssen J L 2010** ., Journal of Animal Science 88(11):3617-23.
- Jie Y Z, Zhang J Y, Zhao L H, Ma Q G and Ji C 2013.**, Journal of Animal Science Biotechnology. 4(1):38.
- Metayer J P, Gaüzere J M, Gady C, Skiba F et Vilarinho M.,** Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St-Malo, 25 et 26 mars, 167-171
- Morrison F B 1956.**, Union Tipografica editorrial hispano American México 346p
- Pahm A A, Scherer C S, Pettigrew J E, Baker D E, Parsons C M and Stein H H 2009.**, Poultry Science. 88(3):571-578
- Simmons N O 1965.**, Editorial Acriba. Zaragoza, 143p
- Skiba F, Metayer J P, Clave H et Quentin M 2009.**, Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo, 25 et 26 mars 159 163.

**Tableau 1 .** Composition chimique des drèches de brasserie d'orge déshydratée

Matières organiques (% de MS)	96,1
Matières azotées totales (% de MS)	24,1
Cellulose brute (% de MS)	15,3
Matières grasses (% de MS)	6,7
Matières minérales (% de MS)	3,9
Extractif non azoté (% de MS)	50
Energie brute (kcal/kg de MS)	4500
Energie métabolisable (kcal/kg de MS) #	3612
Lysine (g/100g d'aliment)	3,2
Méthionine (g/100g d'aliment)	1,5
Cystine (g/100g d'aliment)	1,7

*MS : matière sèche #estimée selon la formule  $EM (kcal/kg) = 35,3 \times PB (\%) + 79,5 \times EE (\%) + 40,6 \times NFE (\%) + 199$  (avec EM : énergie métabolisable, PB : Protéines brutes, EE : Ether extract, NFE : Nitrogen Free Extract) d'après Carpenter et Clegg (1956)*

**Tableau 3 :** Evolution de la croissance pondérale durant les phases de démarrage, de croissance et de finition en fonction du pourcentage de substitution du maïs par la drèche d'orge.

	% de substitution du maïs par la drèche d'orge					ESM	p
	0	10	20	30	40		
<b>Phase de démarrage</b>							
Poids initial (g)	45	45	45	45	45		
Poids à 10j (g)	283 <sup>b</sup>	294 <sup>ba</sup>	281 <sup>b</sup>	272 <sup>c</sup>	254 <sup>d</sup>	3,16	<0,03
GMQ <sub>1-10</sub> (g/j/sujet)	26,4 <sup>b</sup>	27,7 <sup>a</sup>	26,2 <sup>b</sup>	25,3 <sup>c</sup>	23,2 <sup>d</sup>	0,15	<0,01
Poids à 20j (g)	565 <sup>b</sup>	579 <sup>a</sup>	562 <sup>b</sup>	545 <sup>c</sup>	508 <sup>d</sup>	6,31	<0,02
GMQ <sub>11-20</sub> (g/j/sujet)	28,3 <sup>a</sup>	28,4 <sup>a</sup>	28,1 <sup>a</sup>	27,2 <sup>b</sup>	25,4 <sup>c</sup>	0,28	<0,01
GMQ <sub>1-20</sub> (g/j/sujet)	27,4 <sup>b</sup>	28,1 <sup>a</sup>	27,2 <sup>b</sup>	26,3 <sup>c</sup>	24,4 <sup>d</sup>	0,31	<0,01
<b>Phase de croissance</b>							
Poids à 33 j (g)	1335 <sup>a</sup>	1353 <sup>a</sup>	1336 <sup>a</sup>	1236 <sup>b</sup>	1155 <sup>c</sup>	13,5	<0,05
GMQ <sub>21-33</sub> (g/j/sujet)	59,2 <sup>a</sup>	59,6 <sup>a</sup>	59,6 <sup>a</sup>	53,2 <sup>b</sup>	49,7 <sup>c</sup>	0,52	<0,01
<b>Phase finition</b>							
Poids à 48j (g)	1905 <sup>a</sup>	1930 <sup>a</sup>	1911 <sup>a</sup>	1743 <sup>b</sup>	1527 <sup>c</sup>	17,9	<0,02
GMQ <sub>34-48</sub> (g/j/sujet)	38,0 <sup>a</sup>	38,4 <sup>a</sup>	38,3 <sup>a</sup>	33,9 <sup>b</sup>	24,8 <sup>c</sup>	0,56	<0,001
GMQ <sub>0-48</sub> (g/j/sujet)	39,6 <sup>a</sup>	40,1 <sup>a</sup>	39,7 <sup>a</sup>	36,1 <sup>b</sup>	31,5 <sup>c</sup>	0,38	<0,001

*GMQ : gain moyen quotidien (les indices indiquent la période en jour sur laquelle ce paramètre a été calculé).*

□ La présence de différentes lettres sur la même ligne indiquent une différence significative entre les régimes alimentaires ( $p < 0.05$ ). □ Les résultats sont exprimés en fonction de la moyenne  $\pm$  erreur standard à la moyenne (ESM).

**Tableau 2** : Formules (kg/100 kg d'aliment) des aliments de démarrage (1 à 20 jours), de croissance (21 à 33 jours) et de finition (34 à 48 jours) distribués aux poulets en fonction du taux de substitution du maïs par la drèche d'orge

Type d'aliment	Démarrage					Croissance					Finition				
% de substitution	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
Ingrédients															
Mais	60	54	48	42	36	64	57,6	51,6	44,8	38,4	70	63	56	49	42
Drèche de brasserie	0	6	12	18	24	0	6,4	12,8	19,2	25,6	0	7	14	21	28
Tourteau de soja	30	30	30	30	30	27	27	27	27	27	21	21	21	21	21
Issue de meunerie	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Phosphore bicalcique	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcaire	0,5	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CMV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Teneurs en nutriments															
Energie métabolisable (kcal/kg)	2887	2819	2651	2684	2655	2897	2824	2752	2680	2666	2873	2876	2941	2956	2988
Matière grasse (%)	2,95	3,12	3,48	3,59	3,51	3,02	3,23	3,41	3,61	3,81	3,21	3,41	3,55	3,60	3,65
Protéines brutes (%)	18,8	19,7	20,7	21,6	21,9	17,6	18,7	19,7	20,7	21,6	16,7	17,8	18,3	18,8	19,9
Lysine (%)	0,96	0,97	1,00	1,03	1,06	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	0,83	0,93	0,95	0,98	0,99
Méthionine(%)	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,28	0,3	0,31	0,33	0,33	0,27	0,30	0,32	0,33	0,33
Cystine (%)	0,33	0,33	0,36	0,37	0,39	0,31	0,32	0,34	0,35	0,36	0,31	0,32	0,34	0,34	0,35

**Tableau 4** : Evolution de l'ingéré alimentaire et de l'indice de consommation durant les phases de démarrage (de 1 à 20 jours), de croissance (de 21 à 33 jours) et de finition (de 34 à 48 jours) chez les poulets de chair en fonction du pourcentage de substitution du maïs par la drèche de brasserie.

	% de substitution du maïs par la drèche d'orge					ESM	p
	0	10	20	30	40		
<b>Ingéré alimentaire (g)</b>							
De 1 à 10 jours	340 <sup>a</sup>	314 <sup>b</sup>	343 <sup>a</sup>	385 <sup>c</sup>	376 <sup>d</sup>	56	<0,02
De 11 à 20 jours	987 <sup>a</sup>	976 <sup>b</sup>	986 <sup>a</sup>	978 <sup>c</sup>	963 <sup>d</sup>	45	<0,01
De 21 à 33 jours	1570 <sup>a</sup>	1558 <sup>b</sup>	1573 <sup>a</sup>	1782 <sup>c</sup>	1911 <sup>d</sup>	63	<0,03
De 34 à 48 jours	2601 <sup>a</sup>	2467 <sup>b</sup>	2598 <sup>a</sup>	2802 <sup>b</sup>	2935 <sup>c</sup>	87	<0,01
<b>Indice de consommation (g/g)</b>							
De 1 à 10 jours	1,20 <sup>a</sup>	1,06 <sup>b</sup>	1,22 <sup>a</sup>	1,44 <sup>c</sup>	1,65 <sup>d</sup>	0,13	<0,001
De 11 à 20 jours	1,74 <sup>a</sup>	1,15 <sup>b</sup>	1,75 <sup>a</sup>	1,79 <sup>c</sup>	1,89 <sup>d</sup>	0,27	<0,01
De 21 à 33 jours	1,17 <sup>a</sup>	1,15 <sup>b</sup>	1,17 <sup>a</sup>	1,44 <sup>c</sup>	1,65 <sup>d</sup>	0,19	<0,001
De 34 à 48 jours	1,36 <sup>a</sup>	1,28 <sup>b</sup>	1,36 <sup>a</sup>	1,61 <sup>c</sup>	1,92 <sup>d</sup>	0,34	<0,001

<sup>abcd</sup> La présence de différentes lettres sur la même ligne indiquent une différence significative entre les régimes alimentaires ( $p < 0,05$ ).

## EFFET DE L'INCORPORATION DES REBUTS DE DATTES SUR LA CROISSANCE ET LES PRODUITS D'ABATTAGE CHEZ DES POULETS DE CHAIR (ALGERIE)

**Boukhris Rafik<sup>1</sup>, Boudechiche Lamia<sup>2</sup>, Slimani Ali<sup>1</sup>, Matallah Saïda<sup>2</sup>, Beroual mehdi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratoire santé animale, production végétale, environnement et sécurité alimentaire,  
université d'El-Tarf, Bp 73, 36000 El-Tarf, Algérie,*

<sup>2</sup> *Laboratoire, Epidémiologie-surveillance, santé, productions et reproduction, expérimentation et  
thérapie cellulaire des animaux domestiques et sauvages, Université d'El-Tarf, Bp 73, 36000  
El-Tarf, Algérie*

[Boukhris\\_rafik@yahoo.fr](mailto:Boukhris_rafik@yahoo.fr)

### RÉSUMÉ

Les rebuts de dattes en Algérie représentent 25% de la production phoénicienne, soit 200 000 tonnes par an, leurs valorisations en alimentation animale présentent de nombreux avantages, tant du point de vue économique qu'hygiénique. Dans ce contexte, l'objectif de notre étude était d'évaluer l'effet de la substitution du maïs par les rebuts de dattes de la variété Déglet-nour dans la ration alimentaire, sur les performances de croissance et les produits d'abattage des poulets de chair. Au total, 250 poussins de chair de souche "Isa Vedette" répartis en cinq lots de 50, ont été affectés à 5 régimes alimentaires en fonction des taux de substitution 0%, 10%, 20%, 30% et 40% durant 49 jours. Les résultats démontrent que le poids vif, le gain moyen quotidien ainsi que l'ingestion ont été significativement diminués pour des taux de substitution de 30 et 40 %, alors que leurs indices de consommation ont été significativement augmentés (2,4). Cependant, le poids final, le GMQ et l'indice de consommation ont été meilleurs (de 2466g, 49,47g/j et 2,13 respectivement) pour le lot 10% comparé aux autres lots. En outre, les fortes doses de rebut de datte soit 40% ont participé à une diminution de la mortalité de 2%. Concernant les produits d'abattage, l'ajout de rebuts de dattes jusqu'à 40%, pourrait contribuer à la réduction du poids du gésier et des plumes, par ailleurs, elle a entraîné un accroissement de la part de la graisse abdominale, cependant, le rendement de la carcasse en viande n'a pas été affecté quel que soit le régime ; Ces résultats montrent que l'incorporation des rebuts de dattes à raison de 10 à 20% dans la ration a améliorée les performances de croissance. Cependant, à 30% et au-delà, les performances de croissance des poulets de chair chutent.

### ABSTRACT

**Effect of the incorporation of date waste on growth performance and slaughtering products in broiler (Algeria)**

In Algeria, the date waste account for 25% of date palm production, ie 200 000 tones/year, their valuations in animal feed have many economic and hygienic advantages. In this context, the objective of this study was to determine the effects of incorporation of the date waste (Déglet-nour variety) in the diet on the growth performances and slaughtering products of broilers. The trial concerned 250 broiler chicks, one day, non-sexed of the strain "Isa Vedette", divided into 5 groups of 50 chicks. Each group received randomly one of five diets (0%, 10%, 20%, 30% and 40%), based on the rates of substitutions of maize to the date wastes during 49 days. The results show that live weight, the daily live-weight gain and dietary intake decreased with the substitution rate of 30% and 40%, with an increase in conversion rate 2,4. However, the final weight, GMQ and consumption index were better (2466g, 49,47g/d and 2,13 respectively) for the 10% lot compared to the other batches.. The mortality rate was significantly decreased proportionally with the substitution rate 40%. Concerning the slaughtering products, feather weight and gizzards decreased significantly proportionately with substitution rate. In contrast, rate of the fatty material was significantly improved in animals receiving 40%. The studied diets did not significantly modify the yield of the meat carcass. These results indicated that the growth of the broilers is clearly improved significantly of 10% up to 20% of date waste incorporation, but 30% and 40% of substitution resulted in a negative effect on growth performances.

## INTRODUCTION

La filière avicole en Algérie, a connue depuis les années 1980, un développement notable. Par ailleurs, cette filière reste vulnérable à cause des difficultés qui entravent son extension, qui sont étroitement liées aux matières premières importées (maïs et tourteau de soja), responsables d'environ 65% du coût de production du poulet de chair. La recherche d'une plus grande indépendance alimentaire et l'essai de l'optimisation du coût de revient onéreux du poulet de chair, impose l'élaboration des formules alimentaires basées sur l'utilisation de nos ressources locales agricoles et agro-industriels. En Algérie, d'après MADR (2014), 25% de la production phoenicicole, soit 200 000 tonnes/an sont des écarts de trie ou produits de faible valeur marchande, destinés en partie à l'alimentation animale (Dromadaire, caprin et ovin) dans les zones sahariennes (Chehma, 2003). Par ailleurs, Gualtieri et Rappaccini (1994), ont avancé que les rebuts de dattes et la farine des noyaux de dattes peuvent être incorporés jusqu'à 10% dans l'alimentation des poulets sans influencer négativement leurs performances. Zangiabadi et Torki (2010), ont montré que les performances zootechniques des poulets du lot témoin sont presque identiques à ceux ayant reçu un régime contenant 18% de rebuts de dattes. Dans ce contexte, notre étude vise à étudier l'effet de la substitution du maïs par les rebuts de dattes de la variété Deglet-Nour dans l'alimentation, sur les performances de croissance et les produits d'abattage des poulets de chair.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Lieux et conditions expérimentaux

Notre expérimentation s'est déroulée à la wilaya d'El-Tarf, située à l'extrême Nord-est de l'Algérie. L'essai a été réalisé durant la période Janvier-Février 2016. Durant cette période, la température et l'hygrométrie moyenne étaient respectivement 18°C et 80%. Le bâtiment était de type fermé à ventilation statique. La litière (10cm) était constituée de paille de blé dur hachée, le chauffage se faisait par des éleveuses à gaz.

### 1.2. Animaux, régimes et dispositif expérimental

Deux cent cinquante (250) poussins de chair d'un jour, non sexés et de souche "Isa Vedette" pesant en moyenne 41g, ont été répartis en 5 lots (50 poussins/lot), dont la surface de chaque lot était de 5m<sup>2</sup> soit une densité 10 sujets/ m<sup>2</sup>. Les rebuts de dattes utilisés sont des sous-produits de la culture phoenicicole de la variété Deglet-Nour, provenant d'une palmeraie située dans la commune de Sidi Oukba, Wilaya de Biskra (Algérie), le sous-produit a été récupéré lors de l'opération de pré-triage visant à éliminer certains fruits inappréciables, et ceux de

faible valeur marchande. Les rebuts de dattes récupérés étaient composés d'un mélange de dattes à dominance de deux catégories principales, à savoir l'H'chef Deglet ; Dattes déshydratées, avariées qui n'ont pas atteint leur maturation, ses détériorations sont dues au manque d'eau d'irrigation, altération climatique ou mécanique. La seconde catégorie était le Sich, dattes sèches non mûres, issues principalement de fleurs non fécondées suite à une mutation parthénocarpique ; ce phénomène se produit à cause d'une insuffisance qualitative et/ou quantitative du pollen «Dokker». Le choix de la variété Deglet Nour était justifié par son importance quantitative (54% de la production nationale (MADR, 2013)). Les rebuts de dattes collectés étaient séchés sous ombre pendant 15 jours, par la suite ils ont été broyés en totalité (pulpes et noyaux) en farine (granulométrie 1 à 3mm), la couleur du produit fini était marron clair. La composition chimique de rebuts de dattes a été déterminée par la méthode AOAC (1990), les analyses chimiques ont été effectuées en double répétitions. Cinq rations iso-énergétiques ont été formulées, contenant (0%, 10%, 20%, 30% et 40%), de rebut de datte en substitution au maïs pour les 5 lots expérimentaux durant les trois phases d'élevage 49 jours (Tableau 1).

### 1.3. Mesures expérimentales

L'évolution du poids vif (PV), du gain moyen quotidien (GMQ) et l'indice de consommation (IC) ont été mesurés tous les 7 jours. La quantité d'aliment ingérée (QI) a été estimée quotidiennement. La mortalité (M) a été enregistrée selon les cas. L'analyse de la carcasse a été établie sur 125 sujets (25 sujets/lot), pris aléatoirement. Après 12 heures de jeûne, une pesée a été effectuée et la procédure classique d'abattage a été mise en œuvre (abattage, déplumage, éviscération). Le poids des plumes a été estimé par différence entre le poids vif et le poids de carcasse déplumée. La tête a été coupée au ras du crâne, et les pattes à l'articulation tibio-tarsienne et tarso-métatarsienne. La graisse abdominale et celle se trouvant autour du gésier ont été pesées, de même que l'ensemble des organes internes, qui ont été immédiatement pesés séparément (foie, gésier, cœur, poumons et viscères). Les carcasses vides ont été pesées puis enveloppées dans des feuilles d'aluminium et placées au réfrigérateur à 4°C jusqu'à leurs utilisations. Ultérieurement, les carcasses ont été disséquées pour déterminer leurs compositions anatomiques (viande et os).

### 1.4. Analyses statistiques

Les statistiques descriptives, test de normalité et l'analyse de variance du modèle linéaire général univarié (ANOVA), ont été réalisées grâce aux logiciels SPSS (version 20, 2012). L'influence des facteurs (rations) sur les variables (PV, GMQ, QI, IC et les différents produits d'abattage a été



déterminée par un modèle linéaire général. Le test post Hoc par l'application du test S.N.K (Student-Newman-Keules) et Duncan, pour estimer la significativité entre les différentes sous-ensembles (test de comparaison entre les moyennes). La significativité des différences a été considérée à un risque d'erreur de 5%.

Les rebuts de dattes utilisés présentent une teneur élevée en sucres totaux (64%), cette valeur est comparable à celles avancées par Mercier (1973) (61-68%) et Boudechiche (2010) (65%). L'énergie métabolisable (EM) générée par un Kg de MS de

**Tableau 1 :** Formules (kg/100 kg d'aliment) des aliments de démarrage (1 à 14 jrs), de croissance (15 à 35 jrs) et de finition 36 à 49 jrs) distribués aux poulets de chair en fonction du taux de substitution du maïs par le rebut de datte.

Type d'aliment	Démarrage					Croissance					Finition				
% de substitution	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40	0	10	20	30	40
<b>Ingrédients (kg/100kg)</b>															
Maïs	61	54,9	48,8	42,7	36,6	64	57,6	51,2	44,8	38,4	67	60,3	53,6	46,9	40,2
Rebut de datte	0	6,1	12,2	18,3	24,4	0	6,4	12,8	19,2	25,6	0	6,7	13,4	20,1	26,8
Tourteau de soja	30	30	30	30	30	27	27	27	27	27	24	24	24	24	24
Issue de meunerie	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Phosphate bicalcique	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Calcaire	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CMV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Teneurs en nutriments</b>															
Energie métabolisable (kcal/kg) #	3046	3053	3060	3067	3074	3085	3092	3099	3107	3114	3123	3131	3139	3147	3154
Extrait éthéré (%)	3,51	3,43	3,35	3,27	3,2	3,57	3,5	3,4	3,33	3,24	3,64	3,55	3,47	3,47	3,3
Protéines brutes (%)	22,2	21,90	21,58	21,26	20,94	20,95	20,62	20,28	19,95	19,62	19,68	19,33	18,99	18,64	18,29
Cellulose brute (%)	4,15	4,57	5,00	5,43	5,85	4,02	4,46	4,9	5,36	5,81	3,89	4,36	4,83	5,29	5,76
Lysine (%)	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,92	0,91	0,89	0,89	0,87
Méthionine (%)	0,33	0,32	0,31	0,30	0,3	0,32	0,31	0,3	0,29	0,28	0,30	0,29	0,28	0,28	0,26
Cystéine (%)	0,36	0,35	0,33	0,32	0,31	0,35	0,33	0,32	0,31	0,3	0,33	0,32	0,31	0,31	0,28

# Estimée selon la formule :  $EM (Kcal/Kg MS) = 35,3 \times PB (\%) + 79,5 \times EE (\%) + 40,6 \times NFE (\%) + 199$ . (Dont EM : Energie métabolisable, PB : Protéine brute, EE: Ether extract NFE: Nitrogen free extract.). D'après Carpenter et Clegg (1956).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Composition chimique

<b>Tableau 2 :</b> Composition chimique du rebut de datte	
Composition chimique	Valeurs
Matière sèche (MS) %	90
Matière organique (MO) (% de MS)	95,5
Matière azotée totale (MAT) (% de MS)	4,2
Cellulose brute (CB) (% de MS)	9,5
NDF (% de MS)	24,5
ADF (% de MS)	13
ADL (% de MS)	5,2
Matière grasse (MG) (% de MS)	3
Matière minérale (MM) (% de MS)	4,5
Extrait non azoté (ENA) (% de MS)	78,8
Sucres totaux (ST) (% de MS)	63,70
Energie brute (EB) (Kcal/Kg de MS)	4187
Energie métabolisable (Kcal/Kg de MS) <sup>(1)</sup>	3785
Lysine (lys) (g/100g de MP)	0,12
Méthionine (Meth) (g/100g de MP)	0,05
Cystéine (Cys) (g/100g de MP)	0,07

(1) Estimée selon la formule :  $EM (Kcal/Kg MS) = 35,3 \times PB (\%) + 79,5 \times EE (\%) + 40,6 \times NFE (\%) + 199$ . (Dont EM: Energie métabolisable, PB: Protéine brute, EE: Ether extract, NFE: Nitrogen free extract.) D'après Carpenter et Clegg (1956).

rebut de dattes est (3785 Kcal/Kg de MS), cette valeur ressemble à celle du maïs (3726 Kcal/Kg de MS selon INRA 2004), par ailleurs, nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Al-Harhi (2006) (3700 kcal/kg), El-Deek et al. (2010) (3750 kcal/kg). La richesse des rebuts de dattes en énergie métabolisable (EM) pourrait être due à leur teneur importante en glucides cytoplasmiques, particulièrement en monosaccharides (glucose, fructose) et saccharose (Estanove, 1990). En outre, la teneur des rebuts de dattes en cellulose brute (9,5g/kg) est plus élevée par rapport au maïs (2,5g/kg selon INRA, 2004), probablement, les noyaux de dattes riches en fibres sont à l'origine de cette richesse en CB. Néanmoins, les rebuts de dattes entiers ont des teneurs en composés pariétaux NDF, ADF et ADL moyennement faible. Concernant la matière azotée totale, les résultats montrent que les rebuts de dattes entiers présentent une teneur moyennement faible (4,2%), comparativement au maïs (9% selon INRA, 1984), par ailleurs, plusieurs auteurs ayant analysés différentes variétés de dattes ont rapporté une déficience de ces dernières en protéine ; 4,9% selon Genin et al (2001) et 2-4% selon Chehma, (2005). Cependant, les rebuts de dattes ont été caractérisés

par un équilibre en acides aminés essentiels (lysine, méthionine et cystine). A cet effet, de point de vue nutritionnel, l'utilisation des rebuts de dattes doit être donc préférentiellement associée à une source protéique complémentaire, ou des acides aminés de synthèse.

## 2.2. Performances pondérales

**Tableau 3 :** Evolution du poids vif et du GMQ en fonction des taux de substitution du maïs par le rebut de datte.

Paramètres	Taux de substitution %				
	0	10	20	30	40
Poids 14j	285 <sup>ab</sup> ± 3,4	299 <sup>a</sup> ± 2,7	288 <sup>ab</sup> ± 2,6	278 <sup>ab</sup> ± 2,8	264 <sup>b</sup> ± 2,64
GMQ 1-14	17,4 <sup>ab</sup> ± 5,5	18,4 <sup>a</sup> ± 6	17,6 <sup>ab</sup> ± 4,6	17 <sup>ab</sup> ± 5	16 <sup>b</sup> ± 4,5
Poids 35j	1633 <sup>ab</sup> ± 26,3	1690 <sup>a</sup> ± 20,5	1616 <sup>abc</sup> ± 20,4	1558 <sup>bc</sup> ± 24	1502 <sup>c</sup> ± 17,3
GMQ 15-35	64,2 <sup>ab</sup> ± 11	66,24 <sup>a</sup> ± 11	63,2 <sup>ab</sup> ± 9	61 <sup>b</sup> ± 10	59 <sup>c</sup> ± 10
Poids 49j	2441 <sup>ab</sup> ± 61,6	2466 <sup>a</sup> ± 52,3	2250 <sup>abc</sup> ± 50,4	2229 <sup>bc</sup> ± 55,6	2200 <sup>c</sup> ± 38,5
GMQ 36-49	57,7 <sup>a</sup> ± 2,2	55,43 <sup>a</sup> ± 8,5	45,3 <sup>c</sup> ± 4,5	48 <sup>b</sup> ± 14	50 <sup>b</sup> ± 18
GMQ total	49 <sup>a</sup> ± 6,23	49,47 <sup>a</sup> ± 8,5	45,1 <sup>ab</sup> ± 6	44,7 <sup>b</sup> ± 9,6	44,1 <sup>b</sup> ± 10,8

Les performances pondérales (PV et GMQ) durant la phase de démarrage des lots ayant reçus 10% et 20%, ont présenté une évolution pondérale légèrement supérieure par rapport au lot témoin. Cependant un retard significatif de croissance ( $P < 0,001$ ) a été enregistré par le lot 40%. On peut néanmoins déduire, que les jeunes poussins se sont révélés moins sensibles à l'addition des rebuts de dattes jusqu'à 30% pendant la phase de démarrage, alors qu'un apport à forte dose, soit 40% a eu un effet négatif et serait certainement à l'origine d'une baisse significative de la croissance. Durant la phase de croissance, les sujets recevant 0%, 10%, 20% ont poursuivi leur croissance de manière similaire, cela serait probablement dû à l'appétence mais aussi à l'équilibre nutritionnel des rations offertes. Ces résultats divergents significativement ( $P < 0,001$ ) avec ceux obtenus par les lots 30% et 40%, qui ont manifesté un retard de croissance. Nos résultats sont différents avec ceux rapportés par El-Deek et al. (2010), Zangiabadi et Torki (2010), qui ont avancé que l'ajout des dattes de déchet de 10% jusqu'à 35% dans les régimes du poulet de chair n'a pas d'incidence défavorable sur les performances de croissance. En phase de finition, il est indispensable de signaler l'amélioration des performances de croissance des lots 30% et 40%. A la lumière de ses résultats, nous pouvons avancer l'incidence positive de l'incorporation des rebuts de dattes à raison de 30% et 40% durant la phase finition sur les performances de croissance des poulets de chair. Celle-ci pourrait être due à la satisfaction parfaite

des besoins énergétiques accentués des poulets en phase de finition, par une nourriture riche en énergie.

## 2.3. Ingéré alimentaire et indice de consommation

L'incorporation de rebuts de dattes dans l'alimentation a affecté l'ingestion chez les poulets de chair durant les trois phases d'élevage. Au démarrage, les jeunes poulets des différents lots n'ont pas manifesté leurs refus ou l'intention d'une réponse sélective à l'égard des rebuts de dattes, ceci pourrait être dû à l'absence de facteurs inappétants dans les rations offertes.

**Tableau 4 :** Evolution de l'ingérée alimentaire et de l'indice de consommation en fonction des taux de substitution du maïs par le rebut de datte.

Paramètres	Taux de substitution %				
	0	10	20	30	40
<i>(QI) Quantité ingérée (g) / j / sujet</i>					
QI (1-14j)	33,5 <sup>b</sup> ± 2,6	36 <sup>a</sup> ± 2,7	34 <sup>b</sup> ± 2,4	33,5 <sup>b</sup> ± 2,5	35 <sup>a</sup> ± 2,7
QI (15-35)	116 <sup>a</sup> ± 6,2	120 <sup>a</sup> ± 5,6	120 <sup>a</sup> ± 6	113 <sup>b</sup> ± 7	113 <sup>b</sup> ± 5,6
QI (36-49j)	171 <sup>a</sup> ± 15	162 <sup>b</sup> ± 15,2	152 <sup>c</sup> ± 12,2	160 <sup>ab</sup> ± 15,1	161 <sup>a</sup> ± 14,9
QI Totale	5292 <sup>a</sup> 428,2	5328 <sup>a</sup> ± 413,4	5183 <sup>c</sup> ± 382	5207 <sup>b</sup> ± 393,6	5214 <sup>b</sup> ± 399,5
<i>Indice de consommation (IC)</i>					
IC (1-14j)	1,8 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	1,8 <sup>a</sup>	1,9 <sup>ab</sup>	2,1 <sup>b</sup>
IC (15-35j)	1,8 <sup>a</sup> ± 0,4	1,8 <sup>a</sup> ± 0,36	1,85 <sup>a</sup> ± 0,42	1,83 <sup>a</sup> ± 0,35	1,91 <sup>b</sup> ± 0,39
IC (36-49j)	2,95 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	3,3 <sup>b</sup>	3,44 <sup>b</sup>	3,41 <sup>b</sup>
IC Total	2,13 <sup>a</sup> ± 0,33	2,13 <sup>a</sup> ± 0,3	2,27 <sup>b</sup> ± 0,31	2,32 <sup>b</sup> ± 0,32	2,4 <sup>c</sup> ± 0,36

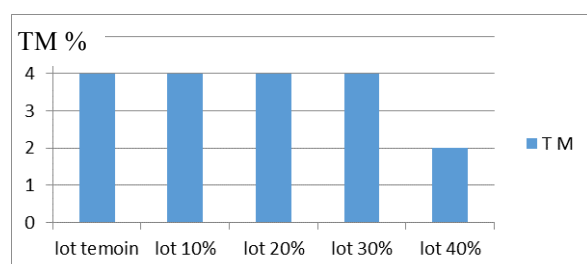
abc Les différentes lettres sur la même ligne indiquent une différence significative entre les régimes alimentaires ( $P < 0,05$ ). QI : Quantité ingérée, IC : Indice de consommation.

Les résultats montrent que durant la phase de croissance, le remplacement partiel du maïs par les rebuts de dattes à raison de 30% à 40% induit une baisse significative ( $P < 0,01$ ) de l'ingestion par rapport au témoin, il apparait que les poulets de chair se sont révélés sensibles aux fortes doses en rebuts de dattes. Cependant, les lots 10% et 20% ont amélioré leur ingestion par rapport au témoin. Nos résultats sont différents à ceux avancés par Kamel et al. (1981), Vandepopuliere et al. (1995), qui ont rapporté que l'ingestion n'a pas été affectée par l'incorporation des rebuts de dattes à raison de 24%. Concernant la phase de finition, on a constaté une amélioration sensible de l'ingestion pour l'ensemble des lots et particulièrement le lot 40%, ceci pourrait être expliqué par l'augmentation des besoins alimentaires et particulièrement énergétiques des poulets en phase de finition. Par conséquence, l'indice de consommation du lot 40% en phase de finition était similaire aux lots 20% et 30% avec (3,41, 3,3 et 3,44 respectivement). Ces

résultats sont en accord avec ceux rapportés par Hussein et al., (1998), Al-Homidan (2003) et Afzal et al.(2006) qui ont affirmé l'effet positif de l'addition des déchets de dattes en phase de finition sur le poids vif, le GMQ et l'ingestion. Cependant, les lots témoin, 10%, 20% ont présenté des résultats similaires et meilleurs par rapport aux autres lots en matière d'indice de consommation, et ceux durant les trois phases d'élevage.

#### 2.4. Mortalité

Concernant le taux de mortalité, les résultats démontrent que la substitution partielle du maïs par les rebuts de dattes, entraîne une baisse de la mortalité lorsqu'ils ont été introduits à raison de 40%. **Figure 1** : Taux de mortalité (%) en fonction du taux de substitution du maïs par les rebuts de dattes en alimentation du poulet de chair.



Cette baisse est probablement due à l'amélioration de la résistance des oiseaux, et à l'absence d'une toxicité directe des rations contenant une forte dose de rebuts de dattes. Des résultats similaires ont été obtenus par Zangiabadi et Torki (2010), qui ont observé que l'inclusion de 350g/kg de dattes entières a augmenté de manière significative la production d'anticorps à 10 jours après la vaccination, et a développé de manière significative les organes lymphoïdes à 35 jours d'âge.

#### 2.5. Produits d'abattage

**Tableau 5** : Produits d'abattage en fonction du taux de substitution du maïs par les rebuts de dattes chez les poulets de chair.

Paramètres En (g) et %	Taux de substitution %				
	0	10	20	30	40
<b>Poids vif à 49 j</b>	3160	3315	3180	3085	2840
<b>Poids déplumé</b>	2715 <sup>a</sup> 86%	2763 <sup>b</sup> 83%	2730 <sup>a</sup> 86%	2803 <sup>c</sup> 91%	2595 <sup>c</sup> 91%
<b>Poids viande</b>	1988 61%	2089 63%	2038 63%	1940 60%	1833 63%
<b>Poids os</b>	253 <sup>a</sup> 7,7%	244 <sup>a</sup> 7,3%	249 <sup>a</sup> 7,6%	290 <sup>b</sup> 9%	250 <sup>b</sup> 8,6%
<b>Poids graisse</b>	35 <sup>a</sup> 1,07%	29 <sup>a</sup> 0,85%	50 <sup>b</sup> 1,5%	30 <sup>c</sup> 1,24%	39 <sup>c</sup> 1,32%
<b>Poids Viscère</b>	229 <sup>a</sup> 6,98%	216 <sup>a</sup> 6,46%	198 <sup>b</sup> 6,07%	184 <sup>b</sup> 5,7%	159 <sup>c</sup> 5,44%
<b>Poids plume</b>	349 <sup>a</sup> 11%	376 <sup>a</sup> 11%	311 <sup>b</sup> 9%	215 <sup>c</sup> 7%	140 <sup>d</sup> 5%

<b>Poids Foie</b>	64 1,96%	69 2,1%	69 2,1%	65 2%	65 2,2%
<b>Poids gésier</b>	75 <sup>a</sup> 2,3%	65 <sup>ab</sup> 1,94%	73 <sup>a</sup> 2,23%	68 <sup>b</sup> 2,1%	58 <sup>b</sup> 1,98%
<b>Poids cœur</b>	15 0,45%	14 0,42%	16 0,49%	10 0,3%	12 0,4%
<b>Poids poumons</b>	18 0,55%	17,5 0,52%	13 0,4%	14,5 0,45%	16 0,55%

Les différentes lettres indiquent une différence significative à  $P < 0.05$ .  
les proportions des poids sont calculées par rapport aux poids vifs

Les résultats des produits d'abattage démontrent que l'inclusion des différentes concentrations des rebuts de dattes jusqu'à 40% n'a pas affecté de manière significative le poids des organes internes : cœur, poumon et foie. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Al-Homidan (2003), AL-Harhi (2006), et El-Deek et al. (2010), qui ont remarqué que les dattes n'ont pas d'incidence négative sur le poids de la carcasse et les organes internes. Cependant, le poids des intestins a évolué significativement de manière inversement proportionnelle, au taux d'incorporation des rebuts de dattes. Ces résultats se rapprochent de ceux d'Attia et al. (2015), qui ont rapporté que les dattes de déchets à 50g/kg diminuent le poids et la longueur intestinale. Certaines réponses adaptatives ont été observées, révélant que l'élévation du pourcentage des rebuts de dattes a diminué le poids du gésier et des plumes, contrairement aux résultats d'El-Deek et al. (2010) et Zangiabadi et Torki (2010) qui ont montré que les dattes entières à 175 et 350g / kg n'ont pas affecté le poids du pancréas, foie, cœur et gésier du poulet de chair. Concernant le rendement de la carcasse en partie consommable, la viande représente de 61% à 63% par rapport au poids éviscéré, sans aucune différence significative entre les lots. Cependant, les fortes doses en rebuts de dattes soit 30% et 40%, ont entraîné chez les poulets un accroissement de la part de l'os par rapport au témoin ; cet accroissement pourrait être dû à l'apport supplémentaire en minéraux apporté par les rebuts de dattes, vu sa richesse minérale par rapport au maïs, par ailleurs, Al-Harhi (2006) a constaté que le remplacement du maïs par la datte de déchet accroît significativement la digestibilité et la rétention des cendres. En outre, les carcasses des sujets du lot témoin étaient moins grasses par rapport aux sujets des lots recevant 30% et 40% de rebut de datte. En conséquence, nous pouvons avancer que l'incorporation des rebuts de dattes dans l'alimentation du poulet de chair à raison de 30% et jusqu'à 40% en substitution du maïs, pourrait contribuer à la production des carcasses plus ou moins grasses. Ceci pourrait être expliqué par la richesse exceptionnelle des rebuts de dattes en monosaccharides facilement assimilables. Nos résultats sont similaires à ceux de Jassim (2010), qui a constaté que les dattes incorporées à raison de 50, 100 et 150g/kg ont affecté de manière

significative le métabolisme énergétique et augmentent la glycémie par rapport au régime standard, toutefois le taux de cholestérol sanguin n'a été pas affecté.

## CONCLUSION

Nous pouvons conclure qu'il est possible d'utiliser les rebuts de dattes à des taux compris entre 10 et 20%, en substitution au maïs dans l'alimentation des poulets de chair sans dégradation des performances zootechniques. Cependant, les fortes doses de 30% jusqu'à 40% entraînent un retard

significatif de croissance. L'incorporation de rebuts de dattes à raison de 40% dans la ration pourrait contribuer à la diminution du taux de mortalité, par contre, elle pourrait participer à la production des carcasses moyennement grasses. Economiquement parlant, la valorisation de rebuts de dattes comme alternatif au maïs, pourrait optimiser le prix de revient du poulet de chair en Algérie, vu sa disponibilité et son prix moins onéreux par rapport au maïs, améliorant de ce fait la durabilité de la filière avicole et la réduction de la facture d'importation des matières premières.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afzal N., 2006. Poult.Sci., (62), 372-373  
 Al-Farsi M.A., 2008. Food Sci. Nutr., (48), 877-87  
 Al-Harhi, M.A., 2006. Poult.Sci., (26), 1031-1055  
 Al-Homidan A.H., 2003. Poult.Sci., (23), 15-35  
 AOAC 1990. Official method of analysis, (15th edit) Virginia, USA.1230 p  
 Attia Y.A., 2015. Poult.Sci., (79), 1612-9199  
 Boudechiche L., 2009. Livest. Res. Rural Dev., 21 (5) 2009  
 Chehma A., 2004. Rev. Energ. Ren (59), 59-64  
 El-Deek A.A., 2010. Journal, animal / Vol 4 / Issue (10), 1647-1652.  
 Estanove P., 1990. Valorisation de la datte, IRFA - CIRAD (France)  
 Genin J.M.R., 2001. Appl. Geochem., (16), 559-557  
 Gualtieri M., 1994. Date stones in broiler's feeding. In Technologie de la datte. Ed. Gridao, p35.  
 Hussein A.S., 1998. Bio. Res. Tech (66), 219-223  
 INRA, 1984. Alimentation des animaux monogastriques : Porc, lapin, volailles. Paris : 282-289p  
 Jassim J.M., 2010. Poult. Sci. 9, 895-897  
 Kamel B.S., 1981. Poult.Sci., (60), 1005-1011  
 MADR, 2014. Ministère de l'agriculture et de développement rural. Algérie.  
 Mercier C, 1973. Revue française de diététique, 17 (66), 27-40.  
 Vandepopuliere JM, Al-Yousef Y and Lyons JJ, 1995. Poult. Sci (74), 1134  
 Zangiabadi H R and Torki M, 2010. Trop. Anim. Health Prod., 42: 1209-1217

# INFLUENCE DE LA DUREE DE JEUNE AVANT ABATTAGE ET DU NIVEAU D'INCORPORATION DE MAÏS GRAIN DANS LA PATEE SUR LES PERFORMANCES DU CANARD MULARD EN GAVAGE

Arroyo Julien<sup>1</sup>, Molette Caroline<sup>2</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>, Knudsen Christelle<sup>2</sup>, Deneufbourg  
Chloé<sup>2</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN

[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

Le but de ce travail était d'étudier les effets du niveau d'incorporation de maïs grain dans la pâtée de gavage (NIMG) et de la durée de jeûne avant abattage (DJAA) sur les performances des canards mulards. 180 canards ont été divisés, selon un plan factoriel 3x3, en 9 groupes de 20 canards chacun différant par la quantité de maïs entier en gavage (30% de maïs entier / 70% de farine de maïs [groupe C], incorporation progressive de maïs grain de 0% le premier jour de gavage à 30% à partir du 5<sup>ème</sup> jour [groupe P], 100% de farine de maïs [groupe F]) et la DJAA (9h, 12h ou 15h). Les canards ont été pesés individuellement avant (85 j) et après (95 j) gavage. A l'issue du gavage, les canards ont été abattus pour mesurer le poids et la composition chimique du foie gras. Aucune interaction significative entre le NIMG et la DJAA n'a été observée sur les paramètres mesurés. En dépit d'un poids vif à 85 j (4564g) et d'une consommation alimentaire (8618g) similaires ( $P > 0,05$ ) à 95 j, les canards nourris selon le régime F étaient plus légers (-2,2%,  $P = 0,02$ ) que les canards nourris selon les régimes C et P. L'augmentation de la durée de jeûne altère significativement le gain de poids en gavage, les canards pesant respectivement en fin de gavage 6597g, 6436g et 6320g, ( $P < 0,001$ ) pour 9h, 12 et 15h de jeûne. Le poids du foie était plus élevé (725 g vs 674 g,  $P = 0,031$ ) chez les canards du groupe P par rapport à ceux du groupe F, ceux suivant le régime C étant intermédiaires (709g). L'augmentation de la durée de jeûne altère significativement ( $P < 0,05$ ) également le poids du foie, les foies pesant respectivement 723g, et 675g pour 9h et 15h de jeûne. La fonte à la cuisson (20% vs 27%,  $P = 0,003$ ), le niveau de matière sèche (68,1% vs 69,3%,  $P = 0,021$ ) et de cendres des foies gras (0,40% vs 0,36%,  $P = 0,010$ ) étaient inférieurs pour les foies des canards abattus après 9h. En conclusion, quel que soit le taux d'incorporation de maïs en grain, au-delà de 12h de jeûne avant abattage la qualité du foie gras est pénalisée. Quelle que soit la durée de jeûne, l'incorporation de 30% de maïs entier dans la pâtée de gavage augmente le poids des foies gras.

## ABSTRACT

### Effect of the fasting duration before slaughter and the level of whole corn in the overfeeding diet on the performances of the male mule ducks

The aim of this study was to investigate and reclassify the effects of fasting duration before slaughter (DJAA) and the level of corn incorporation during overfeeding (NIMG) and their interactions on the performances of mule ducks. In total, 180 ducks were divided into 9 groups of 20 ducks each according to a 3x3 factorial design, differing in the amount of whole corn during the overfeeding period (30% of whole corn / 70% of corn flour [Group C], progressive incorporation of whole corn [Group P], or 100% corn flour [Group F]) and the DJAA (9h, 12h or 15h). The ducks were weighed individually before (85 d) and after (95 d) overfeeding. At the end of the overfeeding period, the ducks were slaughtered to measure the weight and the chemical composition of the livers. No significant interaction between the NIMG and the DJAA was observed on the measured parameters. Despite a similar live weight at 85 d (4564 g) and a similar feed intake between 85 and 95 d (8618 g,  $P > 0.05$ ), the ducks from the F group were lighter (-2.2 %,  $P = 0.02$ ) than the ducks from the C and P groups at 95 d. The ducks slaughtered after 9h of fasting were significantly heavier (6597g) than those slaughtered after 12h (6436g), which themselves were heavier than those slaughtered after 15 h (6320g,  $P < 0.001$ ). The weight of the liver was higher (725 g vs 674 g,  $P = 0.031$ ) in ducks of the P group than those of F group, those from the C group being intermediate (709g). The weight of the liver was heavier (723 g vs 675g) for the ducks slaughtered after 9h of the fasting than for those slaughtered after 15h, the 12h group being intermediate (711g). Melting at cooking (20% vs 27%,  $P = 0.003$ ), dry matter level (68.1% vs 69.3%,  $P = 0.021$ ) and ash (0.40% vs 0.36 %,  $P = 0.010$ ) were lower in *foie gras* of ducks slaughtered after 9 h of fasting. In conclusion, regardless of the corn incorporation rate, beyond 12 hours of fasting before slaughtering, the quality of *foie gras* is penalized. However the incorporation of the whole corn in the overfeeding diet improves the livers weight.

## INTRODUCTION

La durée du jeûne (Baudonnet-Lenfant et al., 1991 ; Lavigne et al., 2015) et la composition de la pâtée de gavage (Robin, 1996 ; Dubois et al., 2000) ont une influence importante sur le poids et la qualité des foies gras. Par ailleurs, on sait que la granulométrie de l'aliment influence sa vitesse de transit dans le tractus digestif ainsi que sa digestibilité, notamment dans le cas de l'utilisation de graines entières en comparaison des granulés (Svihus et Hetland 2001). Pour une durée entre le dernier repas et le moment de l'abattage similaire, un transit plus rapide entraîne une augmentation de la durée du jeûne avant l'abattage (Lavigne et al., 2015). Dans ce contexte, il semble donc intéressant de mesurer l'impact de la teneur en maïs grain des pâtées de gavage, sur les performances des animaux.

L'objectif de l'essai était ainsi d'évaluer les effets du taux d'incorporation du maïs grain dans les pâtées de gavage et de la durée de jeûne avant abattage sur les performances de canards et surtout le poids et la qualité des foies gras.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

180 canards (souche MMGAS × PKL) élevés dès l'âge d'un jour à La Ferme de l'Oie et du Canard (Coulaires, Dordogne) ont été divisés, selon un plan factoriel 3x3, en 9 groupes de 20 canards chacun (à poids vifs et écart-type équivalent) différant par le niveau d'incorporation de maïs grain en gavage (NIMG ; 30% de maïs entier / 70% de farine de maïs [groupe C], augmentation progressive de la proportion de maïs grain dans la pâtée au cours du gavage : de 0% le premier jour de gavage à 30% le 5<sup>ème</sup> jour [groupe P], ou 100% de farine de maïs [groupe F] ; Tableau 1) et la durée de jeûne avant l'abattage (DJAA ; 9h, 12h ou 15h). Les animaux ont été mis en gavage, en parcs collectifs, à l'âge de 85 jours et ont été gavés en 21 repas selon la même courbe de gavage et avec le même additif (vitamines ; A: 180000 UI/kg; D3: 50000 UI/kg; E: 2250 UI/kg; B1: 100 mg/kg; K3: 200 mg/kg; C: 1,170 mg/kg et minéraux ; CuSO<sub>4</sub>: 667 mg/kg, ZnO: 3,600 mg/kg; SeSO<sub>4</sub>: 74.00 mg; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>: 13,5 mg/kg, Argile bentonite : 580 g/kg ; manufacturé par Sanders à Château-Gontier, Mayenne, France) inclus dans la pâtée de gavage à hauteur de 3%.

### 1.2. Mesures et contrôles

Les canards ont été pesés individuellement avant (85 j) et après (95 j) le gavage. En fin de gavage, les canards ont été abattus pour mesurer le poids, le rendement à la cuisson et la composition chimique du

foie selon les méthodes décrites par Marie-Etancelin et al. (2014). Un classement commercial a été réalisé sur les foies (Extra, Tout venant et Défaut). Le poids de la carcasse, du magret (peau et muscle) et des aiguillettes ont également été mesurés.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyse statistiques "PASW Statistics 18" avec les effets de NIMG (3 niveaux), de DJAA (3 niveaux) et leur interaction (9 niveaux) comme effets fixes. L'unité statistique était le canard. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes (mortalité et classement commercial des foies) a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement différentes pour  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS

Aucune interaction significative entre le NIMG et la DJAA n'a été observée sur les paramètres mesurés. En dépit d'un poids vif à 85 j (4564g) et d'une consommation alimentaire pendant le gavage (8618g) similaires dans les 9 lots ( $P > 0,05$ ), les canards nourris avec le régime F étaient plus légers à 95 j (-2,2%,  $P = 0,02$ ) que les canards nourris selon les régimes C et P. L'augmentation de la durée de jeûne altère significativement le gain de poids en gavage, les canards pesant respectivement en fin de gavage 6597g, 6436g et 6320g, ( $P < 0,001$ , Tableau 2) pour 9h, 12 et 15h de jeûne. Le poids du foie était plus élevé (+ 8%,  $P = 0,031$ ) chez les canards du groupe P que ceux du groupe F. Ceux recevant le régime C apparaissent intermédiaires (709g). Le foie était plus lourd (+ 7%) pour les canards abattus après 9h du jeûne que ceux abattus après 15h, le groupe 12h étant intermédiaire (711g). La fonte à la cuisson (20% vs 27%,  $P = 0,003$ ), le niveau de matière sèche (68,1% vs 69,3%,  $P = 0,021$ ) et de cendres dans le foie (0,40% vs 0,36%,  $P = 0,010$ ) étaient inférieurs chez les canards abattus après 9h que dans les deux autres groupes (Tableau 3). De plus nous avons observé que la fonte augmente avec la durée de jeûne alors que le poids de foie diminue (Tableau 3). Quel que soit le facteur testé, le poids de la carcasse, du magret (peau et muscle) et des aiguillettes étaient similaires entre les modalités testées (Tableau 3).

## DISCUSSION- CONCLUSION

L'utilisation du maïs entier pendant le gavage augmente le poids des foies gras tandis que l'augmentation de la durée de jeûne a une influence négative sur le poids des foies et leur fonte à la cuisson. Cela peut s'expliquer par le fait que chez le

palmipèdes à foie gras, lorsque le jeûne est prolongé, le bilan énergétique devient négatif et le métabolisme hépatique passe à la lipolyse et à l'utilisation de l'énergie (Baéza et al., 2013). Ce phénomène a également été observé chez les canards mulards dans des conditions d'augmentation du temps de transport de la ferme à l'abattoir (150 contre 30 minutes) qui a amélioré la qualité technologique du foie gras de 6 points, mais cette amélioration était directement corrélée au poids du foie qui diminué (Fernandez et al., 2011). Plus récemment, Marie-Etancelin et al. (2015) ont montré que dans un lot de canards mulards, les premiers abattus présentent un meilleur rendement technologique que ceux abattus plus tard, avec des différences allant jusqu'à 12 points. En fait, plus la période après le dernier repas est longue, plus le foie gras libère ses lipides. Cette augmentation de l'exsudation lipidique est reflétée par les taux de fusion plus élevés après la cuisson des foies, observés pour les derniers canards abattus. Il est bien établi qu'une extension de la période postprandiale

augmente le taux de fusion et Lavigne et al. (2015) a montré qu'une augmentation de 4 h de la période postprandiale a réduit de 10 points le rendement technologique (obtenu après pasteurisation).

Au vu de ces résultats, nous recommandons de ne pas dépasser 12h de jeûne avant l'abattage des canards afin de préserver la qualité du foie gras.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baudonnet-Lenfant C., Auvergne A., Babilé R. 1991. Ann. Zootech. (40), 161-170.  
 Baéza E., Marie-Etancelin C., Davail S., Diot C. 2013. INRAProd. Anim. (26), 403-414.  
 Dubois J.P., Lavigne F., Leprettre S., Auvergne A., Babilé R. 2000. Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. 113-116.  
 Fernandez X., Bouillier-Oudot M., Molette C., Bernadet M.D., Manse H. 2011. Poult. Sci., (90), 2360-2369.  
 Lavigne F., Bonnefont C.M.D., Bouillier-Oudot M., Arroyo J., Dubois J.P., Molette C. 2015. 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. 794-798.  
 Marie-Etancelin, C., Retailleau B., Alinier A., Vitezica Z.G. 2015 J. Anim. Sci. (93), 4252-4257.  
 Marie-Etancelin, C., Z.G. Vitezica, L. Bonnal, X. Fernandez, D. Bastianelli. 2014. Genet. Sel. Evol. (46): 38.  
 Robin N et Castaing J. 1996. 2èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. 111-114.  
 Svihus, B., Hetland, H. 2001. Brit. Poult. Sci. , (42), 633-637.

**Tableau 1.** Niveau d'incorporation de maïs grain (en %) et de farine de maïs dans la pâtée de gavage

		Pâtée de gavage					
		C		P		F	
Jour	repas	Grain	Farine	Grain	Farine	Grain	Farine
85	1	30	70	-	100	-	100
86	2	30	70	-	100	-	100
	3	30	70	5	95	-	100
87	4	30	70	10	90	-	100
	5	30	70	15	85	-	100
88	6	30	70	20	80	-	100
	7	30	70	25	75	-	100
88	8	30	70	30	70	-	100
	9	30	70	30	70	-	100
89	10	30	70	30	70	-	100
	11	30	70	30	70	-	100
90	12	30	70	30	70	-	100
	13	30	70	30	70	-	100
91	14	30	70	30	70	-	100
	15	30	70	30	70	-	100
92	16	30	70	30	70	-	100
	17	30	70	30	70	-	100
93	18	30	70	30	70	-	100
	19	30	70	30	70	-	100
94	20	30	70	30	70	-	100
	21	30	70	30	70	-	100

**Tableau 2.** Performances des animaux pendant le gavage

	Niveau d'incorporation de maïs grain en gavage (NIMG) <sup>1</sup>			Durée de jeûne avant abattage (DJAA) <sup>1</sup>			Significativité		
	C	P	F	9h	12h	15h	NIMG	DJAA	NIMG*DJAA
Nombre de canards	60	60	60	60	60	60			
Poids vif à 85 j, g	4560± 189	4580± 188	4551± 188	4567± 182	4562 ± 198	4561± 186	NS	NS	NS
Consommation de maïs sec, g	8623± 0	8612± 0	8618± 0	8618 ±5	8618 ±5	8618±5	-	-	-
Gain de poids, g	1910 <sup>a</sup> ± 200	1946 <sup>a</sup> ± 210	1806 <sup>b</sup> ± 273	2030 <sup>A</sup> ± 207	1874 <sup>B</sup> ± 222	1758 <sup>C</sup> ± 198	**	***	NS
Indice de consommation	4,56 <sup>b</sup> ± 0,42	4,48 <sup>b</sup> ± 0,48	4,88 <sup>a</sup> ± 0,74	4,29 <sup>C</sup> ± 0,42	4,66 <sup>B</sup> ± 0,52	4,97 <sup>A</sup> ± 0,61	***	***	NS
Poids vif à 95 j, g	6470 <sup>a</sup> ± 627	6526 <sup>a</sup> ± 238	6357 <sup>b</sup> ± 312	6597 <sup>A</sup> ± 252	6436 <sup>B</sup> ± 295	6320 <sup>C</sup> ± 224	**	***	NS

\*\*\*, P < 0,001 ; \*\*, P < 0,01 ; \*, P < 0,05 ; NS, P > 0,05 ;

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil p=0,05

<sup>1</sup> voir Tableau 1.



Tableau 3. Qualité des produits obtenus

	Niveau d'incorporation de maïs grain en gavage (NIMG) <sup>1</sup>			Durée à jeun avant abattage (DJAA) <sup>1</sup>			Significativité		
	C	P	F	9h	12h	15h	NIMG	DJAA	NIMG*DJAA
Nombre d'échantillons	60	60	60	60	60	60			
<i>Foie gras</i>									
Poids, g	709 <sup>ab</sup> ± 93	725 <sup>a</sup> ± 114	674 <sup>b</sup> ± 120	723 <sup>A</sup> ± 92	711 <sup>AB</sup> ± 100	675 <sup>B</sup> ± 133	*	*	NS
Classement commercial,									
Extra	46	42	47	50	44	41			
Tout Venant	10	10	7	3	11	13	NS	NS	NS
Défaut	4	8	6	7	5	6			
Fonte %	25,1 ± 12,1	24,4 ± 12,9	23,7 ± 14,6	19,6 <sup>A</sup> ± 10,6	26,3 <sup>B</sup> ± 12,5	27,4 <sup>B</sup> ± 14,9	NS	**	NS
Composition (%)									
Matière sèche, %	68,60 ± 2,18	68,85 ± 2,63	69,20 ± 2,81	68,13 <sup>B</sup> ± 2,41	69,16 <sup>A</sup> ± 2,56	69,35 <sup>A</sup> ± 2,59	NS	*	NS
Cendres, %	0,38 ± 0,07	0,36 ± 0,10	0,37 ± 0,09	0,40 <sup>A</sup> ± 0,06	0,36 <sup>B</sup> ± 0,10	0,35 <sup>B</sup> ± 0,10	NS	*	NS
Lipides, %	58,59 ± 1,25	58,40 ± 2,09	59,91 ± 2,14	58,86 ± 1,39	58,52 ± 2,47	59,29 ± 2,21	NS	NS	NS
Protéines, %	7,50 ± 1,05	7,14 ± 1,17	7,32 ± 1,23	7,27 ± 1,04	7,29 ± 1,12	7,40 ± 1,32	NS	NS	NS
Carcasse, g	4130 ± 407	4164 ± 413	4158 ± 185	4192 ± 415	4101 ± 413	4160 ± 155	NS	NS	NS
<i>Magret</i>									
Poids, g	506 ± 34	505 ± 30	499 ± 27	509 ± 29	499 ± 32	502 ± 30	NS	0,099	NS
Poids du muscle, g	324 ± 27	324 ± 26	321 ± 21	327 ± 23	322 ± 28	321 ± 22	NS	NS	NS
Poids de la peau, g	182 ± 23	180 ± 21	178 ± 18	182 ± 21	177 ± 20	181 ± 21	NS	NS	NS
<i>Aiguillette, g</i>	45 ± 6	46 ± 6	45 ± 5	47 ± 5	45 ± 6	44 ± 5	NS	0,052	NS

ESM : Erreur-standard à la moyenne

\*\*\*, P &lt; 0,001 ; \*\*, P &lt; 0,01 ; \*, P &lt; 0,05 ; NS, P &gt; 0,05 ;

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil p = 0,05

<sup>1</sup> voir Tableau 1.

# INFLUENCE DE L'ALIMENTATION EN LIBRE CHOIX ET DU TYPE DE CEREALES (MAÏS OU TRITICALE), PENDANT LA PERIODE DE CROISSANCE- FINITION, SUR LES PERFORMANCES DES OIES DESTINEES A LA PRODUCTION DE FOIE GRAS

**Arroyo Julien<sup>1</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN  
[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

La modification des stratégies d'alimentation des animaux, notamment l'utilisation de graines entières locales présente l'intérêt de réduire les coûts alimentaires induits par le transport et la transformation. Le but de cet essai était d'étudier l'influence d'une alimentation dite « en libre choix » et du type de céréale (maïs ou triticales) pendant la période de croissance-finition sur les performances des oies. Pour cela, 480 jars ont été divisés en 3 groupes (4 répétitions/groupe) différant dans la présentation de l'alimentation qu'ils ont reçu entre 8 et 12 semaines d'âge: un granulé complet (groupe T) ; une céréale entière (maïs, groupe Libre Choix avec Maïs [LCM]) ou triticales, groupe Libre Choix avec Triticales [LCT]) et un granulé complémentaire riche en protéines distribués dans deux mangeoires distinctes. Ces aliments étaient formulés pour être iso-protéiques (14,5% PB) et iso-énergétiques (EMA<sub>n</sub> 2800 kcal/kg) quel que soit le lot (50% céréales et 50% granulé complémentaire). De 13 à 14 semaines, 80 jars / groupe ont été gavés puis abattus pour déterminer le poids des foies gras. La consommation collective par parc a été mesurée hebdomadairement. Le poids vif individuel a été mesuré à 8, 10 et 12 semaines. Entre 8 et 12 semaines, la consommation totale était supérieure de 15% dans le groupe T que dans les 2 autres ( $P < 0,01$ ). A 10 et 12 semaines d'âge, le poids vif des oies était significativement plus élevés ( $P < 0,001$ ) dans le lot T que dans les 2 autres lots (respectivement +11% et +6%). Toutefois le régime utilisé pendant la période d'élevage n'a eu aucun effet sur le volume de jabot (58 ml/kg). Les animaux du lot LCM ont pris plus de poids que ceux du lot T pendant le gavage (+5% ;  $P < 0,05$ ). A l'inverse, l'ingéré pendant le gavage, le poids vif à l'abattage et le poids de foie gras étaient similaires entre les 3 groupes. En conclusion, ces résultats suggèrent que l'alimentation en libre choix avec des céréales entières en élevage est une solution pour réduire les coûts d'alimentation induits par le transport et la transformation.

## ABSTRACT

**Influence of choice feeding and cereal types (maize or triticales), during the growing-finishing period on performance of geese used for foie gras production**

The modification of animal feeding strategies, including the use of whole local seeds, has the advantage of reducing food costs induced by transport and processing. The purpose of this study was to investigate the influence of "choice feeding" diet and type of cereal (corn or triticales) during the growing-finishing period on the performance of geese. For this, 480 jars were divided into 3 groups (4 repetitions / group) differing in the presentation of the diet that they received between 8 and 12 weeks of age: a complete pelleted diet (group T); Maize (Free Choice with Maize, LCM) or Triticales (Free Choice with Triticales, LCT) and a complementary pellet rich in proteins distributed in two separate feeders. These diets were formulated to be iso-protein (14.5% CP) and iso-energetic (AMEn 2800 kcal / kg) whatever the group (50% cereal and 50% g complementary pellet). From 13 to 14 weeks, 80 jars / group were overfed and then slaughtered to determine the weight of the foie gras. Collective intake per pen was measured weekly. The individual live weight was measured at 8, 10 and 12 weeks. Between 8 and 12 weeks, total intake was 15% higher in the T group than in the other 2 ( $P < 0.01$ ). At 10 and 12 weeks of age, the live weight of the geese was significantly higher ( $P < 0.001$ ) in the T group than in the 2 other groups (+11% and +6%, respectively). However, the diet used during the rearing period had no effect on the crop volume (58 ml / kg). The animals of the LCM group took more weight than those of the T group during overfeeding (+5%,  $P < 0.05$ ). Conversely, feed intake during overfeeding, live weight at slaughter and weight of foie gras were similar between the 3 groups. In conclusion, these results suggest that choice feeding with whole grains in rearing is a solution to reduce feeding costs induced by transport and processing.

## INTRODUCTION

L'utilisation de graines entières locales présente l'intérêt de réduire les coûts alimentaires induits par le transport et la transformation (Dozier et al., 2006). En outre, elle répond à la demande des consommateurs pour une production plus « naturelle ». La majorité des essais sur l'alimentation fermière chez les oies a été réalisée dans le cadre d'une alimentation dite mélangée, ou la céréale entière est distribuée dans la même mangeoire que l'aliment complémentaire granulé riche en protéines (Leprettre et al., 2000, Auvergne et al., 2006, 2008 ; Arroyo, 2012). L'ensemble des résultats a montré que les oies nourries avec des graines entières sont légèrement plus lourdes et plus grasses à la fin de la période d'élevage, ce qui peut pénaliser légèrement leurs performances pendant la période de gavage. Cependant, les graines entières peuvent également être distribuées dans une mangeoire différente de celle du granulé complémentaire riche en protéine : c'est la méthode dite « du libre choix ». Arroyo et al. (2014) a montré chez le canard qu'une alimentation en libre choix pendant la période de finition et en particulier avec du maïs réduit la consommation et maintient les performances à la fin de la période d'élevage et après le gavage. Il semble intéressant de tester cette méthode également chez l'oie, animal beaucoup moins rustique que le canard.

L'objectif de cet essai est d'étudier les conséquences de l'utilisation de graines entières distribuées en libre choix pendant la période de finition sur les performances des oies pendant les phases de finition et de gavage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

L'essai zootechnique a été réalisé sur le site de la Ferme de l'Oie et du Canard (Dordogne, Coulaures) entre Février et Juin 2014. Pour cela 480 oisons, de type Maxipalm, logés en 12 parquets de 40 animaux chacun, ont été élevés selon une conduite alimentaire triphasée (aliment pré-starter de l'éclosion à 10 jours, aliment démarrage de 10 j jusqu'à 4 semaines, aliment croissance de 4 à 8 semaines, puis les aliments finition expérimentaux de 8 à 12 semaines ; Auvergne et al., 2013).

A partir de 56 jours d'âge et jusqu'à leur 91ème jour, les animaux ont été répartis en trois lots différant par l'aliment distribué : un granulé complet (groupe T) ; un aliment distribué dans deux mangeoires distinctes contenant 50% de maïs entier et 50% de granulés riches en protéines (groupe Libre Choix avec Maïs, LCM); ou 50% de triticales

et 50% de granulés riches en protéines (groupe Libre Choix avec Triticale, LCT). Ces aliments étaient formulés pour être iso-protéiques (14,5% PB) et iso-énergétiques ( $EMA_n$  2800 kcal/kg). Les granulés complémentaires ont été formulés de manière à ce que les apports nutritionnels soient équivalents dans les 3 lots si les canards consomment un ratio céréale/granulé complémentaire de 50/50.

La conduite alimentaire des animaux en fin de période d'élevage a été réalisée selon la technique du rationnement quantitatif pour les aliments sous forme granulé et selon la technique du rationnement horaire pour les céréales, comme décrit par Arroyo et al. (2014)

De 13 à 14 semaines, 80 jars / groupe (représentatifs de la variabilité du poids vif au sein des groupes) ont été gavés selon de la conduite standard décrite par Arroyo et al. (2012).

### 1.2. Mesures et contrôles

Les animaux ont été pesés individuellement à 8, 10 et 12 semaines d'âge. La consommation alimentaire par parquet a été réalisée aux mêmes moments, en distinguant le cas échéant la consommation de granulé complémentaire et la consommation de graines entières. Le volume de jabot a été mesuré à 12 semaines d'âge selon la technique décrite par Leprettre et al. (2002).

Les animaux ont été pesés individuellement au moment de la mise en gavage et à la fin de la période de gavage. La consommation pendant la période de gavage a été mesurée quotidiennement de manière individuelle. Les animaux ont été abattus à 14,5 semaines d'âge afin de mesurer le poids des foies.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyse statistiques "PASW Statistics 18" en utilisant l'effet lot (3 niveaux) comme effet fixe. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS

### Consommation pendant la période d'élevage

Entre 56 à 70 jours d'âge, la consommation totale (aliment complet ou aliment complémentaire + graines entières) était de 1045 g plus élevée dans le groupe T que dans les deux autres groupes ( $P < 0,001$ , Tableau 1). A l'inverse, les consommations totales de 70 à 77 j (249 g / j) et de 77 à 85 j (283 g

/ j) étaient similaires entre les trois groupes,  $P > 0,05$  ; Tableau 1).

La quantité de céréales (maïs ou triticales) et de granulés protéiques était similaire pour chacune des périodes dans les deux groupes LCM et LCT, Tableau 1).

Sur toute la période expérimentale, de 8 à 12 semaines d'âge, la consommation totale était inférieure de 13% dans le groupe LCM que dans les 2 autres groupes ( $P < 0,01$ , Tableau 1). Ceci est dû à une plus faible consommation totale (-32%) dans les groupes LCM et LCT que dans le groupe T entre 8 et 10 semaines d'âge (Tableau 1).

#### **Croissance pendant la période d'élevage**

A 10 et 12 semaines d'âge, le poids vif des oies recevant le granulé complet était significativement plus élevé ( $P < 0,001$ ) que celui des animaux recevant les aliments LCT ou LCM (respectivement 11% et 6% ; Tableau 2). Entre 8 et 10 semaines, le GMQ des oies était supérieur (+11%,  $P < 0,001$ ) pour les oies du lot T comparé à celles des 2 autres lots, cependant entre 10 et 12 semaines d'âge, la situation s'est inversée et les oies recevant des céréales entières prenaient plus de poids (+ 56%,  $P < 0,001$ ) que les oies recevant l'aliment complet (Tableau 2).

#### **Performance des oies pendant la période de gavage**

Les animaux du lot LCM ont pris plus de poids que ceux du lot T pendant la période de gavage (2589 g vs. 2476g ;  $P < 0,05$ ). A l'inverse, le régime utilisé pendant la période d'élevage n'a entraîné aucune différence sur le volume de jabot, la consommation alimentaire, l'IC, le poids vif à l'abattage et le poids de foie gras (Tableau 3) entre les 3 lots.

#### **DISCUSSION - CONCLUSION**

Le but de ce travail était d'étudier les conséquences de l'utilisation de graines entières distribuées en libre choix sur les performances des oies en période de finition. Les résultats ont montré, comme chez le canard (Arroyo et al., 2014) que : 1) la forme de présentation des aliments et/ou la séparation des sources d'énergie influencent la prise alimentaire tout au long de la période d'élevage, 2) la séparation des sources d'énergie et de protéines permet aux oiseaux d'adapter leur ingestion à l'évolution de leurs besoins nutritionnels et 3) entre 56 à 84 jours d'âge, la présentation des céréales sous forme de graines entières et des granulés riches en protéines dans deux mangeoires séparées réduit la consommation alimentaire tout en maintenant les performances des oies pendant et après la phase de gavage, par rapport à une alimentation offerte sous forme de granulés complets.

Hughes (1984) a suggéré que lorsque les volailles ont le choix, leur consommation résulte d'un compromis entre les besoins nutritionnels de

l'oiseau et la palatabilité relative de la nourriture. Dans ce travail, les oies ont reçu un aliment granulé avant l'essai, de 1 à 55 jours d'âge. Pendant les premiers jours de l'essai, les oies qui ont reçu une alimentation avec des graines entières avaient une consommation de céréales entières inférieure à celle des granulés riches en protéines. Des résultats similaires ont été rapportés chez les canards (Arroyo et al., 2014) mais également chez les oies. Ainsi, Arroyo (2012) a observé que, durant les trois premiers jours d'une distribution de mélange contenant des graines entières (sorgho ou maïs) et des granulés protéiques, les oies préféraient les granulés aux céréales. Ce comportement a déjà été observé chez les dindes pendant les périodes de transition alimentaire (Lecuelle et al., 2010). Ceci peut être expliqué par le temps nécessaire aux oies pour s'adapter à un nouvel aliment ayant une couleur, une texture, une taille et une saveur différentes de l'aliment donné avant la période expérimentale (Arroyo 2012). Cependant, à la fin de l'essai, la consommation de graines entières augmente chez les oies recevant les aliments contenant des céréales entières. En effet, les besoins en protéines diminuent avec l'âge chez les oiseaux et il a été démontré que les oiseaux peuvent naturellement équilibrer leur régime alimentaire (Forbes et Shariatmadari, 1994). Dans un essai similaire, il a été constaté que les poulets de chair augmentent progressivement leur consommation de graines entières avec l'âge pour répondre à leurs besoins croissants en énergie (Leeson et Caston, 1993).

En conclusion, les présents résultats montrent qu'une alimentation en libre choix pendant la période de finition et en particulier avec du triticales réduit la consommation et maintient les performances des oies à la fin de la période d'élevage et pendant la période de gavage. Cette stratégie alimentaire offre donc des perspectives intéressantes pour une méthode d'élevage plus durable. En effet, l'utilisation de graines cultivées localement, permet de réduire les impacts économiques et environnementaux de l'alimentation des canards en réduisant les coûts de transport et de concassage de la céréale.

#### **REMERCIEMENTS**

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroyo J., Fortun-Lamothe L., Dubois J.P., Lavigne F., Bijja M., Molette C. 2014. Poult. Sci. (93), 2220-2226
- Arroyo J., Fortun-Lamothe L., Dubois J.P., Lavigne F., Auvergne A. 2012. INRA Prod. Anim. (25): 419-430.
- Arroyo J., 2012. Thèse de Doctorat INPT, pp331.
- Auvergne A., Leprettre S., Lavigne F., Babilé R., Dubois J.P. 2006. 7èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. 197-200.
- Auvergne A., Lavigne F., Dubois J.P. 2008. 8èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras. 173-176.
- Auvergne A., Arroyo J., Bijja M., Lavigne F., Dubois J.P. 2013. 10èmes Journées de la Recherche Avicoles et Palmipèdes à Foie Gras. 881-885.
- Bouvarel I., Vallée C., Lescoat P., Ferreira G., Chagneau A.M., Constantin P., Leterrier C. 2008. Animal (2), 1674-1681.
- Dozier W.A., Behnke K., Kidd M.T., Branton S.L. 2006. J. Appl. Poultry Res. (15), 236-244.
- Forbes, J. M., Shariatmadari F. 1994. World's Poult. Sci. J. (50), 7-24.
- Hughes B. O. 1984. World's Poult. Sci. J. (40), 141-150.
- Lecuelle S., Bouvarel I., Chagneau A.M., Lescoat P., Laviron F., Leterrier C., 2010. Appl. Anim. Behav. Sci. (125), 132-142.
- Leprettre S., Dubois J.P., Lavigne F., Babilé R. 2000. 4èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie. 105-108.
- Leprettre S., Dubois J.P., Lavigne F., Combebiac R. and Babilé R. 2002. 5èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, 4 pp.
- Leeson, S., Caston L.J. 1993. J. Appl. Poult. Res. (2), 253-258.

**Tableau 1.** Consommations individuelles quotidienne (g/j) et totale (g/oie/période) des animaux pendant la période de croissance finition (56 à 91 j d'âge).

	Modalités			ESM	Significativité
	T	LCM	LCT		
Consommation totale des animaux					
0-8 semaines (g/oie/période)	-----	13763	-----	-	-
8-10 semaines (g/oie/période)	3255 <sup>a</sup>	2246 <sup>b</sup>	2174 <sup>b</sup>	153	***
10-12 semaines (g/oie/période)	3945	4030	4033	51	ns
8-12 semaines (g/oie/période)	7201 <sup>a</sup>	6276 <sup>b</sup>	6207 <sup>b</sup>	156	*
Consommation totale 56-63 j	203 <sup>a</sup>	132 <sup>b</sup>	128 <sup>b</sup>	10	***
Complémentaire (g/j)	-	125	125	0	ns
Céréale (g/j)	-	7	3	1	ns
Consommation totale 63-70 j	262 <sup>a</sup>	189 <sup>b</sup>	182 <sup>b</sup>	12	***
Complémentaire (g/j)	-	125	125	0	ns
Céréale (g/j)	-	64	57	4	ns
Consommation totale 70-77 j	244	253	250	4	ns
Complémentaire (g/j)	-	125	125	0	ns
Céréale (g/j)	-	128	125	5	ns
Consommation totale 77-85 j	280	283	286	4	ns
Complémentaire (g/j)	-	125	125	0	ns
Céréale (g/j)	-	158	161	5	ns

T : Granulé complet ; LCM : Aliment comprenant 50% de graines de maïs et 50% de granulé complémentaire riche en protéines distribués dans deux mangeoires séparées ; LCT : Aliment comprenant 50% de graines de triticales et 50% de granulé complémentaire riche en protéines distribués dans deux mangeoires séparées. ESM : Erreur-standard à la moyenne ; \*\*\*,  $P < 0,001$  ; \*\*,  $P < 0,01$  ; \*,  $P < 0,05$  ; ns,  $P > 0,05$  ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil de  $P = 0,05$ .

**Tableau 2.** Croissance des animaux pendant la période de croissance finition

	Modalités			ESM	Significativité
	T	LCM	LCT		
Poids vifs (g)					
8 semaines	5033	5034	5050	20	ns
10 semaines	5319 <sup>a</sup>	4792 <sup>b</sup>	4822 <sup>b</sup>	24	***
12 semaines	5731 <sup>a</sup>	5399 <sup>b</sup>	5457 <sup>b</sup>	27	***
GMQ (g/j)					
8 à 10 semaines	20 <sup>a</sup>	-19 <sup>b</sup>	-17 <sup>b</sup>	1	***
10 à 12 semaines	27 <sup>b</sup>	41 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	1	***
8 à 12 semaines	21 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>	14 <sup>b</sup>	1	***
IC					
8 -12 semaines	12.11	19.38	16.94	1.42	ns

T : Granulé complet ; LCM : Aliment comprenant 50% de graine de maïs et 50% de granulé complémentaire riche en protéines distribués dans deux mangeoires séparées; LCT : Aliment comprenant 50% de graine de triticales et 50% de granulé complémentaire riche en protéines distribués dans deux mangeoires séparées. ESM : Erreur-standard à la moyenne \*\*\*,  $P < 0,001$  ; \*\*,  $P < 0,01$  ; \*,  $P < 0,05$  ; ns,  $P > 0,05$  ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil de  $P = 0,05$ .

**Tableau 3.** Performance des animaux pendant la période de gavage

	Modalités			ESM	Significativité
	T	LCM	LCT		
Poids vifs Mise En Gavage (g)	5806 <sup>a</sup>	5617 <sup>b</sup>	5694 <sup>ab</sup>	33	*
Volume de jabot (ml/ kg poids vif)	55,42	59,98	58,18	13	ns
Quantité consommé de maïs sec (g)	13818	13775	13848	32	ns
Gain de poids (g)	2476 <sup>b</sup>	2589 <sup>a</sup>	2511 <sup>ab</sup>	17	*
IC gavage	5,63	5,37	5,58	0.04	ns
Poids vifs abattage (g)	8282	8205	8205	34	ns
Foie gras					
Poids de foie (g)	1010	1007	1042	12	ns

C : Granulé complet ; M : Aliment comprenant 50% de graine de maïs et 50% de granulé protéique ; T : Aliment comprenant 50% de graine de triticales et 50% de granulé protéique. ESM : Erreur-standard à la moyenne ; \*\*\*,  $P < 0,001$  ; \*\*,  $P < 0,01$  ; \*,  $P < 0,05$  ; ns,  $P > 0,05$  ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil de  $P = 0,05$ .

# EFFET DE SYSTEMES D'ALIMENTATION A BASE DE MAÏS ENTIER PENDANT LA PERIODE DE FINITION SUR LES PERFORMANCES DES CANARDS MULARDS

Arroyo Julien<sup>1</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN  
[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

Pour réduire les coûts environnementaux et économiques des aliments causés par le transport, la manipulation et le traitement des matières premières, l'utilisation de grains entiers a récemment augmenté dans la production de volailles. Le but de cette étude était de comparer l'intérêt des 2 systèmes d'alimentation utilisant du maïs entier (mélangé vs. libre choix) pendant la période de finition sur les performances de canards mulards. Pour cela, 516 canards ont été divisés en 3 groupes (4 répétitions par groupe) différant dans la présentation de l'alimentation qu'ils ont reçu entre 58 et 88 jours d'âge: groupe T a reçu une alimentation complète en granulés (EMA<sub>n</sub> 12,1 MJ / kg, PB 15,0%) contenant 500 g de maïs par kg, tandis que les deux autres groupes ont reçu un mélange 50/50 de maïs entiers (EMA<sub>n</sub> 13,9 MJ / kg, PB 7,3%) et de granulés riches en protéines (EMA<sub>n</sub> 10,3 MJ / kg, PB 22,7%) mélangés dans la même mangeoire (groupe M) ou dans 2 mangeoires séparées (groupe LC). De 89-99 jours, 72 canards / groupe ont été gavés et abattus pour déterminer le poids et la valeur commerciale des foies gras. La consommation alimentaire a été mesurée quotidiennement. Le poids vif a été mesuré à 58, 88 et 99 jours. De 58-88 jours, la consommation totale du groupe LC était 8% plus élevée que dans les 2 autres groupes ( $P = 0,005$ ). A 88 jours, le poids vif était plus élevé dans le groupe T que dans le LC (4959 g vs. 4778 g,  $P < 0,001$ ), le groupe M étant intermédiaire (4874 g). Au cours de la période expérimentale, l'ingéré protéique était plus élevé dans le groupe LC que dans les 2 autres (+ 45%,  $P < 0,001$ ), mais l'ingéré énergétique était similaire pour les 3 groupes (92,6 MJ / canard). Après gavage, le poids vif (6593 g), le poids du foie (642 g) et le classement commercial (80% dans la meilleure classe commerciale) des foies gras étaient similaires dans les 3 groupes. En conclusion, ces résultats suggèrent que l'alimentation mélangée utilisant du maïs entier au cours de la période de finition est une solution pour réduire les coûts d'alimentation. En outre, l'utilisation de céréales cultivées localement pourrait réduire les impacts économiques et environnementaux de l'alimentation des canards, en réduisant le transport et les processus de concassage.

## ABSTRACT

### Effect of feeding systems based on whole corn during the finishing period on performances of mule ducks

In order to reduce environmental and economic costs of feed caused by the transportation, handling and processing of raw materials, the use of whole grains has recently increased in poultry production. The aim of this study was to compare the interest of the two feeding systems using whole corn (mixed vs. free choice) during the finishing period on the performance of mule ducks. For this purpose, 516 ducks were divided into 3 groups (4 replicates per group) differing in the presentation of the diet that they received between 58 and 88 days of age: T group received a complete pellets (AMEn 12.1 MJ / kg, CP 15.0%) containing 500 g of corn per kg, while the other two groups received a 50/50 mixture of whole corn (AMEn 13.9 MJ / kg, CP 7.3 %) and protein-rich pellet (AMEn 10.3 MJ / kg, CP 22.7%) mixed in the same feeder (M group) or in 2 separate feeders (LC group). From 89-99 days, 72 ducks / group were overfed and slaughtered to determine the weight and commercial value of foie gras. Food intake was measured daily. The live weight was measured at 58, 88 and 99 days. From 58-88 days, total intake of LC group was 8% higher than in the other 2 groups ( $P = 0.005$ ). At 88 days, the live weight was higher in the T than in the LC group (4959 g vs. 4778 g,  $P < 0.001$ ), the M group being intermediate (4874 g). During the experimental period, protein intake was higher in the LC group than in the other 2 groups (+ 45%,  $P < 0.001$ ), but the energy intake was similar for the 3 groups (92.6 MJ / duck). After overfeeding, live weight (6593 g), liver weight (642 g) and commercial grade (80% in the best commercial class) of foie gras were similar in the 3 groups. In conclusion, these results suggest that mixed feeding using whole corn during the finishing period is a solution to reduce feed costs. In addition, the use of locally grown cereals could reduce the economic and environmental impacts of duck feed, reducing transport and crushing processes.

## INTRODUCTION

Pour réduire les coûts environnementaux et économiques liés au transport, à la manipulation et au traitement des matières premières, l'utilisation de grains entiers a récemment augmenté dans la production de volailles.

Les différents essais conduits jusqu'à présent à la station de Coulaures ont permis de montrer l'intérêt technico-économique de l'alimentation fermière. Toutefois, la majorité des essais sur l'alimentation fermière s'est basée sur l'alimentation dite « mélangée » chez l'oie (Arroyo et al., 2012 ; Auvergne et al., 2006, 2008 ; Leprettre et al., 2000 ). L'ensemble des résultats a montré que les animaux nourris avec des graines entières sont légèrement plus lourds et plus gras à la fin de la période d'élevage, ce qui peut pénaliser légèrement leurs performances pendant la phase de gavage.

Les essais conduits chez le canard avec l'utilisation de graines entières dans un système d'alimentation dit « en libre choix » (Arroyo et al., 2014) ou « séquentiel » (Arroyo et al., 2016) semblent encourageants car une diminution de la consommation pendant la période de finition a été observée sans pénaliser les performances pendant la phase de gavage.

L'objectif de cet essai est d'étudier les conséquences de l'utilisation de graines entières distribuées pendant la période de finition selon les deux méthodes les plus pratiques à mettre en œuvre sur le terrain (alimentation en « libre choix » ou « mélangée ») sur les performances des canards pour la production de foie gras.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

600 canetons mulards, logés en 12 parquets de 50 animaux chacun, ont été élevés selon une conduite alimentaire multiphasée avec quatre aliments (aliment Pré-Starter pendant 10 jours, aliment Démarrage de 10 jours à 4 semaines, aliment Croissance de 4 à 8 semaines, puis un des 3 aliments expérimentaux de 8 à 12 semaines ; Arroyo et al., 2014). Ainsi à l'âge de 8 semaines, les animaux, répartis entre les lots selon leurs poids vifs, ont reçu soit un aliment Témoin (lot T) sous forme de granulé complet contenant 50% de maïs (n=4 parcs x 50 animaux), soit un aliment fermier composé de 50% de maïs entier (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire riche en protéines sous forme de granulé (GP) distribué selon une alimentation dite Mélangée (lot M) dans une seule mangeoire (n=4 parcs x 50 animaux) ou bien en Libre Choix (lot LC), chaque aliment étant présenté dans une mangeoire différente mais distribué en même temps (n=4 parcs x 50 animaux).

Les compositions des aliments Témoin complet ou complémentaire riche en protéines sont définies de façon à obtenir des aliments finaux (avec les grains de maïs) contenant 12.1 MJ EM/kg et 15% de MAT.

### 1.2. Mesures et contrôles réalisés

Les animaux ont été pesés individuellement à 1j puis 4, 8, 10 et 12 semaines d'âge. La consommation alimentaire par parquets a été réalisée aux mêmes moments. Les animaux ont été pesés individuellement au moment de la mise en gavage et à la fin de la période de gavage. La consommation pendant la période de gavage a été mesurée quotidiennement de manière individuelle. Les animaux ont été abattus afin de mesurer le poids des foies et le classement commercial de ces derniers.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyse statistiques "PASW Statistics 18" en utilisant le lot (3 niveaux) comme effet fixé. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes (mortalité, classement commercial des foies) a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS

Sur toute la période de finition (58 à 88j), la consommation totale a été 8% supérieure dans le groupe LC que dans les 2 autres groupes ( $P = 0,005$ ; Tableau 1). La consommation de GP a été supérieure dans le groupe LC par rapport au groupe M (+77%,  $P = 0,002$ ). A l'inverse, la consommation de GM a été inférieure dans le groupe LC que dans le groupe M. L'ingéré énergétique total a été similaire entre les 3 groupes (92,6 MJ/cd,  $P = 0,353$ ) mais la consommation protéique était supérieure dans le groupe LC par rapport aux 2 autres groupes (+45%,  $P < 0,001$ , Tableau 1). Ainsi le régime du groupe LC a été très déséquilibré par rapport aux objectifs de formulation. Les animaux du groupe M ont également opéré un tri en faveur du régime protéique, mais dans une bien moindre mesure.

Le taux de mortalité a été similaire dans les 3 groupes (0,39%,  $P = 0,605$ ). A 58j et 70j, le poids vif (PV) des canards a été similaire dans les 3 groupes (respectivement 3925 g,  $P = 0,626$ , et 4437 g,  $P = 0,505$ ; Tableau 2). Cependant, à la fin de la période d'élevage (88j), le PV des canards était supérieur dans le groupe T par rapport au groupe LC (4959 g vs. 4778 g,  $P < 0,001$ ; Tableau 2), le groupe M étant intermédiaire (4874 g; Tableau 2). Entre 58 et 70j, le GMQ a été inférieur (36 g/j vs. 40 g/j,  $P = 0,002$ ) dans le groupe LC par rapport aux 2 autres groupes



mais l'IC a été similaire entre les 3 groupes (6,99,  $P = 0,247$ ) pour la même période. Entre 71 et 88j, le GMQ a été supérieur dans le groupe T (34 g/j,  $P < 0,001$ ) par rapport aux groupes M (31 g/j) et LC (28 g/j; Tableau 2) mais l'IC était inférieur dans le groupe T par rapport à celui de LC (8,62 vs. 14,67,  $P < 0,005$ ), le groupe M étant intermédiaire (10,21; Tableau 2).

Sur toute la période de finition, le GMQ a été supérieur dans le groupe T par rapport aux 2 autres (+15%,  $P < 0,001$ ) et le GMQ du groupe M a été supérieur à celui de groupe LC (+11%,  $P < 0,005$ ; Tableau 2). Pour la même période, l'IC était supérieur dans le groupe LC à celui des 2 autres groupes (+32%,  $P = 0,024$ ; Tableau 2).

Pendant le gavage la mortalité a été équivalente dans les 3 groupes (4/216 = 1,85%,  $P = 0,168$ ). A la fin du gavage, le PV des animaux du groupe T était supérieur à celui des animaux du groupe LC (4951 g vs. 4774 g,  $P < 0,05$ ), le groupe M étant intermédiaire (4847 g; Tableau 3). Le système d'alimentation testé durant la période de finition, n'a pas eu d'effet sur la consommation de maïs en gavage (8998 g,  $P = 0,762$ ) ou sur le PV à l'abattage (6593 g,  $P = 0,601$ ; Tableau 3). Cependant le gain de poids a été inférieur dans le groupe T par rapport au groupe LC (1674 g vs. 1790 g,  $P < 0,05$ ), le groupe M étant intermédiaire (1744 g, Tableau 3).

Après le gavage, le poids et le classement commercial du foie gras ont été équivalents quel que soit le système d'alimentation testé pendant la phase d'élevage (respectivement  $P = 0,349$  et  $P = 0,253$ , Tableau 3).

### 3. DISCUSSION

Le but de ce travail était de comparer les effets de trois systèmes d'alimentation à base de maïs, comme principale source d'énergie, pendant la période de finition, sur la performance des canards pendant les phases d'élevage et de gavage.

Chez les volailles, la prise alimentaire est influencée par plusieurs facteurs, dont la composition nutritionnelle de l'alimentation et les facteurs sensoriels tels que la couleur, la texture ou la taille des particules (Bouvarel et al., 2010). Une méta-analyse a montré que les oiseaux régulent généralement leur consommation en fonction du contenu énergétique de l'alimentation afin de maintenir leur consommation d'énergie (Bouvarel et al., 2010). Cette étude confirme ces résultats précédents ainsi l'apport énergétique des canards pendant la période de finition était similaire entre les trois systèmes d'alimentation.

A l'inverse, la stratégie de l'alimentation mise en œuvre par les oiseaux, à savoir la consommation respective de GP (maïs ; source d'énergie) et de GM (granulé complémentaire, source de protéines) différait grandement entre les deux systèmes d'alimentation à base de maïs entier. Dans le système d'alimentation en libre choix, le GP a été beaucoup

plus consommé que le GM, ce qui est préjudiciable pour l'environnement et la rentabilité. Au contraire, dans le système d'alimentation « mélangé » les deux composants de la ration ont été consommés de manière quasi-équivalente. De la même façon, dans une situation de choix, les poulets de chair augmentent progressivement leur consommation de céréales avec l'âge pour répondre à leurs besoins en énergie tandis que leurs besoins en protéines baissent (Leeson et Caston, 1993). Ils changent donc naturellement leur régime alimentaire afin qu'il évolue en accord avec leurs besoins (Emmans 1991). Par conséquent, dans la présente étude, les facteurs autres que le niveau d'énergie alimentaire influencent le comportement alimentaire des canards dans le système d'alimentation libre choix. Etant donné que la tailles des particules, la couleur et la texture étaient similaires pour les aliments utilisés dans les groupes LC et M, nous émettons l'hypothèse que les canards préféraient les granulés riches en protéines, car ils ont déjà été nourris avec des granulés de l'éclosion jusqu'à 56 jours d'âge et se déplacent préférentiellement vers la mangeoire contenant des granulés. En effet, Covasa et Forbes (1996) et plus récemment Lecuelle et al. (2011) ont montré que les volailles sont en mesure d'apprendre de leur expérience antérieure.

### CONCLUSION

Les présents résultats montrent que, dans des systèmes basés sur l'utilisation de maïs entier dans l'alimentation de la phase de finition, le comportement alimentaire des canards est influencé par plusieurs facteurs, dont la composition nutritionnelle de l'alimentation et les facteurs sensoriels tels que la couleur, la texture ou la taille des particules. Cependant, le système d'alimentation au cours de la période de finition n'a pas d'effet sur les performances des animaux pendant la phase de gavage. En conclusion, ces résultats suggèrent que l'alimentation mélangée utilisant du maïs entier au cours de la période de finition est une solution pour réduire les coûts d'alimentation. En outre, l'utilisation de céréales cultivées localement pourrait réduire les impacts économiques et environnementaux de l'alimentation des canards, en réduisant le transport et les processus de concassage. Toutefois, d'autres études permettant de mieux comprendre les effets de l'apprentissage des canards seraient intéressantes afin d'optimiser la gestion de la transition.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur

environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du

personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroyo J., Auvergne A., Dubois J.P., Lavigne F., Bijja M., Bannelier C., Fortun-Lamothe L. 2012. Poult. Sci. (91), 2063-2071.
- Arroyo J., Fortun-Lamothe L., Dubois J.P., Lavigne F., Bijja M., Molette C. 2014 Poult. Sci. (93), 2220-2226
- Arroyo J., Lavigne F., Molette C., Bijja M., Dubois J.P., Fortun-Lamothe L. 2016 J. Appl. Poultry Res. (25), 379-388.
- Auvergne A., Leprettre S., Lavigne F., Babilé R., Dubois J.P. 2006. 7èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Arcachon, France, 197-200.
- Auvergne A., Lavigne F., Dubois J.P. 2008. 8èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Arcachon, France, 173-176.
- Bouvarel, I., Y. Nys, M. Panheleux and P. Lescoat. 2010. INRA Prod. Anim. 23: 167-181.
- Covasa, M. and J.M. Forbes. 1996. Appl. Anim. Behav. Sci. 46: 229-242.
- Emmans, G.C. 1991. Proc. Nutr. Soc. 50:59-64.
- Lecuelle S., Leterrier C., Chagneau A. M., Laviron F., Lescoat P., Bastianelli D., Bertin A., Bouvarel, I. 2011. Appl. Anim. Behav. Sci. 135 : 78-85.
- Leeson, S., and L.J. Caston. 1993. J. Appl. Poultry Res. 2:253-258.
- Leprettre S., Dubois J.P., Lavigne F., Babilé R. 2000. 4èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Arcachon, France. pp 105-108

**Tableau 1.** Consommation des canards pendant la période de finition

	T	Groupes M	LC	P-value
58 - 88 j (g/canard)				
<i>Total</i>	7816 <sup>b</sup> ± 223	7702 <sup>b</sup> ± 266	8374 <sup>a</sup> ± 192	0,005
<i>GP</i>	-	4052 <sup>b</sup> ± 231	7167 <sup>a</sup> ± 776	0,002
<i>GM</i>	-	3650 <sup>a</sup> ± 344	1208 <sup>b</sup> ± 850	< 0,001
58 - 88 j				
<i>Energie ingérée (MJ/canard/j)</i>	94,6 ± 2.7	92,5 ± 3.7	90,6 ± 4.4	0,353
<i>Protéine ingérée (g/canard/j)</i>	1172,4 <sup>b</sup> ± 33.5	1186,2 <sup>b</sup> ± 41.4	1715,0 <sup>a</sup> ± 116.4	< 0,001

Lot T : un aliment Témoin sous forme de granulé complet contenant 50% de maïs ; Lot M : aliment fermier distribué selon une alimentation dite mélangée dans une seule mangeoire: composé de 50% de maïs (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire riche en protéines sous forme de granulé (GP) ; Lot LC : aliment fermier composé de 50% de maïs (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire riche en protéines sous forme de granulé (GP) distribué selon une alimentation dite en libre choix c'est-à-dire que chaque composant est offert dans une mangeoire différente mais distribué en même temps ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil  $P = 0,05$

**Tableau 2.** Performances des animaux pendant la période de finition

	Groupes			P-value
	T	M	LC	
Poids vif (g)				
58 j	3924 ± 307	3908 ± 356	3942 ± 334	0,626
70 j	4461 ± 332	4430 ± 339	4421 ± 342	0,505
88 j	4959 <sup>a</sup> ± 394	4854 <sup>ab</sup> ± 420	4778 <sup>b</sup> ± 408	< 0,001
GMQ (g/j)				
58-70 j	41 <sup>a</sup> ± 14	39 <sup>a</sup> ± 12	36 <sup>b</sup> ± 12	0,002
71-88 j	29 <sup>a</sup> ± 11	25 <sup>b</sup> ± 12	21 <sup>c</sup> ± 11	< 0,001
58-88 j	34 <sup>a</sup> ± 9	31 <sup>b</sup> ± 10	28 <sup>c</sup> ± 9	< 0,001
IC (g/g)				
58-70 j	6,73 ± 0,88	6,67 ± 0,15	7,56 ± 1,00	0,247
71-88 j	8,62 <sup>b</sup> ± 1,67	10,21 <sup>ab</sup> ± 0,66	14,67 <sup>a</sup> ± 4,52	0,035
58-88 j	7,57 <sup>b</sup> ± 0,54	8,26 <sup>b</sup> ± 0,21	10,43 <sup>a</sup> ± 2,07	0,024

Lot T : un aliment Témoin sous forme de granulé contenant 50% de maïs ; Lot M : aliment fermier distribué selon une alimentation dite mélangée dans une seule mangeoire: composé de 50% de maïs (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire sous forme de granulé (GP) ; Lot LC : aliment fermier distribué selon une alimentation dite libre choix c'est-à-dire que chaque aliment est dans une mangeoire différente mais distribué en même temps: composé de 50% de maïs (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire sous forme de granulé (GP) ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil  $P=0,05$

**Tableau 3.** Performances des animaux pendant la période de gavage

	Groupes			P-value
	T	M	LC	
Mortalité entre 89 et 99 j	0/72	1/72	3/72	0,168
Poids vif à 89 j (g)	4951 <sup>a</sup> ± 373	4847 <sup>ab</sup> ± 384	4774 <sup>b</sup> ± 363	0,020
Consommation maïs (g)	9001 ± 54	8993 ± 81	9000 ± 58	0,762
Gain de poids (g)	1674 <sup>b</sup> ± 217	1744 <sup>ab</sup> ± 266	1790 <sup>a</sup> ± 260	0,021
IC	5,47 <sup>a</sup> ± 0,76	5,29 <sup>ab</sup> ± 0,88	5,13 <sup>b</sup> ± 0,76	0,045
Poids vif à 99 j (g)	6625 ± 369	6591 ± 350	6564 ± 352	0,601
Poids de foie (g)	650 ± 106	627 ± 106	650 ± 121	0,349
Classement commercial des foies gras (%)				
Extra	82	85	72	0,253
TV	17	11	20	
Déclassé	1	4	7	

Lot T : un aliment Témoin sous forme de granulé contenant 50% de maïs ; Lot M : aliment fermier distribué selon une alimentation dite mélangée dans une seule mangeoire: composé de 50% de maïs (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire sous forme de granulé (GP) ; Lot LC : aliment fermier distribué selon une alimentation dite libre choix c'est-à-dire que chaque aliment est dans une mangeoire différente mais distribué en même temps: composé de 50% de maïs (GM) et de 50% d'un aliment complémentaire sous forme de granulé (GP) ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil  $P=0,05$

# INFLUENCE DE L'INCORPORATION DE LA PULPE DE BETTERAVE SUCRIERE DANS L'ALIMENTATION DES OIES FERMIERES DESTINEES A LA PRODUCTION DE FOIE GRAS

Arroyo Julien<sup>1</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>, Bannelier Carole<sup>2</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN  
[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

L'utilisation des aliments fermiers pendant la période de croissance-finition chez les oies entraîne fréquemment des phénomènes d'engraissement périphérique et une diminution du volume du jabot, ce qui pénalise les performances pendant le gavage. Dans ce contexte, il semble intéressant de réfléchir à l'incorporation d'une matière première à forte capacité de gonflement telle que la pulpe de betterave sucrière (PBS) durant la période de finition afin d'augmenter la capacité d'ingestion des animaux en début de gavage. A cet effet, 3 groupes de 160 jars (4 répétitions/groupe) ont été constitués et reçoivent entre 51 et 91 jours d'âge, un régime alimentaire différent: un granulé complet contenant 50% de maïs (groupe T), un granulé complet composé de 50% de maïs et 10% de PBS (groupe PG) ou une alimentation contenant un mélange de 50% de maïs grain et de 50% d'un granulé riche en protéines et contenant 20% de PBS (lot PF). Les 3 aliments sont iso-protéiques (16,1% MAT) et iso-énergétiques (11,5 MJ/kg). Du 92<sup>ème</sup> au 106<sup>ème</sup> jour d'élevage, 80 jars / groupe ont été gavés avec du maïs et abattus pour déterminer le poids et le classement commercial des foies gras. La consommation alimentaire a été mesurée quotidiennement. Les jars ont été pesés à 56, 70, 91 et 106 jours d'âge. Du 56<sup>ème</sup> au 91<sup>ème</sup> jours d'élevage, la consommation d'aliment des sujets du lot PG était supérieure de +7% et +14% respectivement à celle des sujets des groupes T et PF ( $P < 0,05$ ). A la mise en gavage, les oies du groupe PF étaient plus lourdes (5426 g) que celles du groupe T (5287 g) et du groupe PG (4986 g ;  $P < 0,01$ ). Toutefois, les animaux du groupe PG avaient des volumes relatifs de jabot supérieurs (+29%,  $P < 0,001$ ) aux 2 autres groupes (62 ml/kg de poids vif,  $P > 0,05$ ). Pour des ingérés similaires ( $P > 0,05$ ), le poids (963 g) et le classement commercial (91% d'extra) des foies gras étaient similaires entre les 3 groupes ( $P > 0,05$ ). En conclusion, l'incorporation de pulpe de betterave sucrière dans le granulé riche en protéines distribué en complément d'une céréale permet de contrecarrer les effets négatifs de l'utilisation des graines entières pendant la période de finition sur les performances pendant le gavage.

## ABSTRACT

### Influence of the incorporation of the sugar beet pulp in the diet in farm geese for the foie gras production

The use of farm diet during the growing-finishing period in geese frequently leads to a peripheral fattening phenomena and a decrease in the size of the crop, which penalizes performance during overfeeding. In this context, it seems interesting to consider the incorporation of a raw material with high swelling capacity such as sugar beet pulp (PBS) during the finishing period in order to increase the intake capacity of the animals in early overfeeding. For this purpose, 3 groups of 160 jars (4 replicates / group) have been formed and received between 56 and 91 days of age a different diet: a complete pellet containing 50% of corn (group T), a complete pellet composed with 50% of corn and 10% of PBS (PG group) or a diet containing 50% of corn grain and 50% protein-rich pellet containing 20% of PBS. These 3 diets were iso-protein (16.1% CP) and iso-energetic (11.5 MJ / kg). From 92<sup>th</sup> to 106<sup>th</sup> days, 80 jars / group were overfed with corn and slaughtered to determine the weight and commercial ranking of the foie gras. Food intake was measured daily. The jars was weighted at 56, 70, 91 and 106 days. From 56<sup>th</sup> to 91<sup>th</sup> days, food intake was higher in the PG group by + 7% and + 14%, respectively, than in the T group and PF ( $P < 0.05$ ). At the beginning of overfeeding, the geese of PF group were heavier (5426 g) than those of the T group (5287 g), and those of the PG group (4986 g,  $P < 0.01$ ). However, animals in the PG group had higher (+ 29%,  $P < 0.001$ ) relative crop volume than the other 2 groups (62 ml / kg body weight,  $P > 0.05$ ). For similar ingested ( $P > 0.05$ ), the weight (963 g) and commercial grade (91% extra) of foie gras were similar between the 3 groups ( $P > 0.05$ ). In conclusion, the incorporation of sugar beet pulp into the high-protein pellet distributed as a complement to a cereal allows to counteract the negative effects of the use of whole seeds during the finishing period on performance during overfeeding.

## INTRODUCTION

L'utilisation des aliments fermiers pendant la période de croissance-finition chez les palmipèdes à foie gras (après 8 semaines) est aujourd'hui fréquemment rencontrée. Cependant, on assiste à des phénomènes d'engraissement périphérique plus important avec l'utilisation de céréales entières, et une diminution du volume du jabot, ce qui peut pénaliser les performances pendant la période de gavage (Arroyo *et al.*, 2012). Dans ce contexte, il semble intéressant de réfléchir à l'incorporation d'une matière première à forte capacité de gonflement comme la pulpe de betterave (Brachet *et al.*, 2015) afin de préparer les jabots au gavage et d'augmenter la capacité d'ingestion de animaux en début de gavage. Ce sous-produit a déjà été utilisé dans l'élevage des oies à un taux d'incorporation de 10 à 15% où il a été montré que cela ne pénalisait pas les performances de croissance malgré la dilution de la teneur en énergie de l'aliment (Arslan, 2004 ; 2005). L'introduction de la pulpe de betterave dans les aliments destinés aux oies permet de maintenir une ingestion spontanée élevée et grâce à ses caractéristiques de lest, d'obtenir des animaux moins gras ayant un tractus intestinal plus développé (Arslan et Saatci, 2003). L'utilisation de la pulpe de betterave à hauteur de 10 % dans des aliments granulés complets distribués pendant la période de finition, laisse entrevoir que cette matière première pourrait aider à préparer le tube digestif des palmipèdes à la période de gavage en augmentant le volume de leur jabot (Arroyo *et al.*, 2015). Toutefois, son mode d'utilisation dans des systèmes utilisant des céréales entières n'a jamais été étudié chez les palmipèdes à foie gras.

L'objectif de cet essai est d'étudier les conséquences de l'incorporation de la pulpe de betterave pendant la période de finition des oies sur leurs performances de croissance.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

L'essai zootechnique a été réalisé sur le site de Coulaures. 480 jars, de type Maxipalm®, ont été divisés en 12 lots de 40 animaux, et ont été élevés selon une conduite alimentaire triphasée : Aliment pré-starter de l'éclosion à 10 jours d'âge, aliment démarrage de 10 jours jusqu'à 4 semaines, aliment croissance de 4 à 8 semaines d'âge.

Pendant la période de finition (56 à 91 jours d'âge), 4 lots de 40 jars ont reçu : un aliment témoin sous forme granulée composé de 50% de maïs (lot T) ; dans la même mangeoire un mélange de 50% de maïs en grain et de 50% d'un aliment complémentaire riche en protéines et contenant 20% de pulpe de betterave (lot PF) ; ou un aliment

sous forme de granulés composé de 50% de maïs et 10% pulpe de betterave (lot PG).

La composition est définie de façon à obtenir des aliments iso-protéiques (16,1% MAT) et iso-énergétiques (11,5 MJ/kg)

De 92 à 106 jours, 80 jars de chaque groupe ont été gavés conformément à la courbe d'alimentation rapportée par la Figure 1.

### 1.2. Mesures et contrôles réalisés

A 56, 70 et 91 jours d'âge, les animaux ont été pesés individuellement et la consommation d'aliment par parquet a été évaluée en distinguant le cas échéant la consommation de granulés complémentaire et la consommation de graines entières. A 91 jours d'âge, le volume de jabot a été mesuré selon la technique décrite par Leprettre *et al.* (2002) ; et une dissection anatomique complète (foie, gésier, tube digestif, gras abdominal, muscle pectoral et cuisse) a été également effectuée. Les animaux ont été pesés individuellement en début et en fin de gavage. La consommation d'aliment par chaque oie pendant la période de gavage a été mesurée quotidiennement. Les animaux ont été abattus à 106 j d'âge pour déterminer le poids et le classement commercial des foies gras.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données de consommation, de croissance, de dissection et de performances après gavage ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyses statistiques "PASW Statistics 18" en utilisant le lot (3 niveaux) comme effet fixé. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes (mortalité, classement commercial des foies) a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

De 56 à 64 jours, nous n'avons pas observé de différence significative de la consommation d'aliment par les animaux des 3 groupes. De 65 à 70 j d'élevage, la consommation d'aliment par les oies du lot PG est statistiquement ( $P < 0,001$ ) plus élevée (+15%, Tableau 1) que celles des oies des 2 autres lots. De 71 à 77 j, nous n'avons pas observé de différence de consommation entre les 3 lots (211g/j/oie,  $P > 0,05$ ). Durant la période de 78 à 84 jours, la consommation des animaux du lot PF est supérieure à celle des animaux du lot T ; les oies du groupe PG ayant une consommation intermédiaire. En finition, les oies du lot PG ont un meilleur ingéré alimentaire que les oies du lot T (320 g/j/oie vs 256 g/j/oie). Ces dernières se sont démarquées

des oies du lot PF par une consommation d'aliment plus élevée (256 g/j/oie vs 236 g/j/oie) tel que rapporté par le tableau 1.

A noter que les animaux du lot PF n'ont jamais équilibré leur ration, préférant l'ingestion de granulé complémentaire que l'ingestion de maïs grain qui a toujours été inférieure à 43% de l'ingestion totale (Tableau 1). Sur la période de distribution des aliments expérimentaux (56-91 j), nous avons observé une consommation totale d'aliment supérieure dans le lot PG comparé au lot T (+7%) ou dans le lot PF (+14% ;  $P < 0,001$ ). Cette observation peut s'expliquer par une appétence supérieure du granulé complémentaire riche en protéines et en pulpe mais également par une augmentation de la capacité d'ingestion des animaux dans le lot PG en raison de la forte capacité d'hydratation des aliments ingérés (Arroyo *et al.*, 2015 ; Brachet *et al.*, 2015).

De 56 à 70 j, le poids vif des animaux était similaire respectivement 4841 g et 4959 g, dans les 3 lots ( $P > 0,05$ , Tableau 2). A la mise en gavage, les oies du lot PF étaient plus lourdes (5426 g) que celles du lot T (5287 g) et que celles du lot PG (4986 g ;  $P < 0,01$ ).

Les animaux du lot PG avaient un IC 1-91j plus élevé (+14%,  $P < 0,001$  ; Tableau 2) que les oies des 2 autres lots, ce qui s'explique par les différences de consommation et de croissance que nous avons observé.

A la mise en gavage, les poids relatifs du foie, du gésier, du tube digestif et du muscle pectoral étaient similaires dans les 3 lots (Tableau 3), cependant nous avons observé un poids relatif de gras abdominal inférieur (0,89 % vs 2,16 %,  $P < 0,01$ ) et de cuisse supérieur (11,90 vs 11,23% ;  $P < 0,05$ ) pour les animaux du lot PG par rapport à ceux des 2 autres lots.

Les animaux du lot PG avaient des volumes relatifs de jabot supérieurs (+29%,  $P < 0,001$ , Tableau 3) aux oies des 2 autres lots. Ces observations confirment les résultats d'Arroyo *et al.* (2015) montrant que l'incorporation de pulpe de betterave dans l'aliment distribué pendant la période de finition augmente le volume de jabot des animaux. De plus, l'incorporation de pulpe dans un granulé

riche en protéines, distribué en complément d'une céréale, permet de diminuer les effets négatifs (diminution du volume de jabot notamment) de l'utilisation d'une graine entière sur la préparation des animaux au gavage (Arroyo *et al.*, 2012).

L'ingestion, le gain de poids et l'IC pendant la période de gavage étaient similaires dans les 3 lots ( $P > 0,05$ ). Après le gavage, seules les différences de poids à la mise en gavage perduraient sur le poids des animaux gavés (Tableau 4).

Il n'a pas été observé de différences de poids des foies (963 g) et leur classement commercial (91% d'extra) étaient similaires entre les 3 lots ( $P > 0,05$  ; Tableau 4).

## CONCLUSION

Nos résultats montrent que l'incorporation de pulpe de betterave dans l'aliment distribué aux oies pendant la période de finition augmente les volumes de jabots des animaux, que la pulpe soit incorporée dans un aliment complet ou bien dans un aliment riche en protéine mélangé à du maïs en graines entières. Elle modifie l'ingestion des animaux pendant la période de finition mais n'a pas de conséquences sur les performances en gavage. En conséquence, l'utilisation de pulpe de betterave est une solution intéressante pour permettre une bonne préparation des animaux au gavage dans le cadre d'une alimentation fermière basée sur l'utilisation de graines entières qui est généralement pénalisante.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroyo J., Brachet M., Dubois J.P., Lavigne F., Molette C., Bannelier C., Fortun-Lamothe L. 2015. *Animal*. (9), 553-560.
- Arroyo, J., Auvergne A., Dubois J.P., Bijja M., Lavigne F., Bannelier C., Fortun-Lamothe L. 2012. *Poult. Sci.* (91), 2063-2071.
- Arslan C. 2005. *Rev. Méd. Vét.* (156), 475-481.
- Arslan C. 2004. *Rev. Méd. Vét.*, 155, 619-623.
- Arslan, C., Saatci M. 2003. *Rev. Méd. Vét.* (154), 633-638.
- Brachet M., Arroyo J., Cazals A., Bannelier C., Fortun-Lamothe L. 2015. *Anim. Feed Sci. Technol.* (209), 174-185.
- Leprettre S, Dubois JP, Lavigne F, Combebiac R and Babilé R 2002. 5èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, 4 pp.

**Tableau 1.** Consommation individuelle (g/j) et totale (g/oie/période) des animaux pendant la période de finition (56 à 91j)

	(56 à 91 j)			ESM	<i>P</i> -value
	T	Groupes PG	PF		
Consommation individuelle (g/j)					
56-64 j	213	211	229 (43% de maïs grain)	4,2	ns
65-70 j	165 <sup>b</sup>	204 <sup>a</sup>	181 <sup>b</sup> (39% de maïs grain)	5,7	**
71-77 j	191	210	201 (38% de maïs grain)	3,7	ns
78-84 j	226 <sup>b</sup>	257 <sup>ab</sup>	271 <sup>a</sup> (36% de maïs grain)	7,8	*
84-91 j	256 <sup>b</sup>	320 <sup>a</sup>	236 <sup>c</sup> (34% de maïs grain)	11,3	***
Consommation totale (g/oie/ période)					
56-70 j	2691	2914	2920	50,7	0,099
70-91 j	4707 <sup>b</sup>	5514 <sup>a</sup>	4956 <sup>b</sup>	115,9	**
56-91 j	7398 <sup>c</sup>	8428 <sup>a</sup>	7876 <sup>b</sup>	141,3	**
1-91 j	20003 <sup>b</sup>	21745 <sup>a</sup>	21067 <sup>a</sup>	257,9	**

Groupe T (Témoin): aliment témoin sous forme granulé composé avec 50% de maïs ; Groupe PG : aliment sous forme granulé composé de 50% de maïs et 10% de pulpe ; Groupe PF : 50% maïs grain + aliment complémentaire à base de 20% de pulpe; ESM : Erreur-standard à la moyenne ; \*\*\*, P < 0,001 ; \*\*, P < 0,01 ; \*, P < 0,05 ; ns, P > 0,100 ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 2.** Performances de croissance des animaux pendant la période de finition (56 à 91j d'âge)

	Groupes			ESM	P-value
	T	PG	PF		
Poids vif (g)					
56 j	4842,4	4797,2	4834,4	194,7	ns
70 j	4985,8	4864,0	5026,7	219,5	ns
91 j	5286,6 <sup>b</sup>	4985,8 <sup>c</sup>	5425,8 <sup>a</sup>	263,2	**
GMQ (g/j)					
56 - 70 j	10,2 <sup>ab</sup>	4,8 <sup>b</sup>	13,7 <sup>a</sup>	6,1	*
70 - 91 j	14,3 <sup>b</sup>	5,8 <sup>c</sup>	19,0 <sup>a</sup>	6,2	***
IC					
56 - 70 j	19,11b	53,47a	17,38b	6,56	*
56 - 91 j	16,75b	45,17a	13,62b	4,39	***
1 - 91 j	3,86b	4,46a	3,96b	0,08	***

Groupe T (Témoin): aliment témoin sous forme granulé composé avec 50% de maïs ; Groupe PG : aliment sous forme granulé composé de 50% de maïs et 10% de pulpe de betterave ; Groupe PF : 50% maïs grain + aliment complémentaire à base de 20% de pulpe de betterave ; ESM : Erreur-standard à la moyenne ; \*\*\*, P < 0,001 ; \*\*, P < 0,01 ; \*, P < 0,05 ; ns, P > 0,100 ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 3.** Composition anatomique des oies au moment de la mise en gavage (91 jours d'âge)

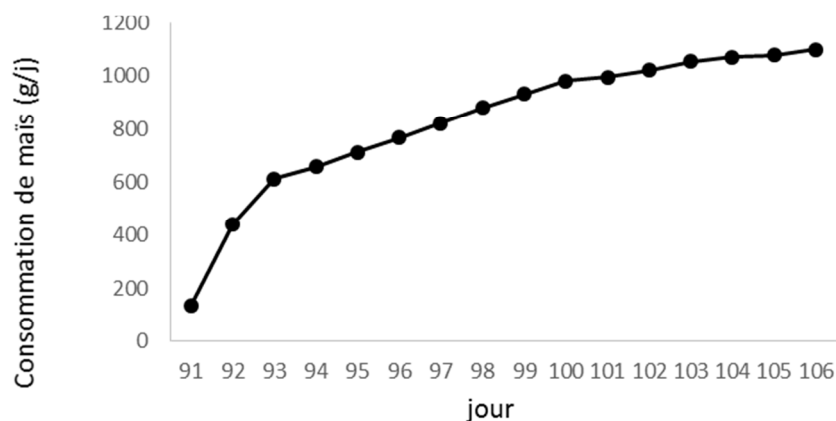
	Groupes			ESM	P-value
	T	PG	PF		
Poids vif (g)	5279 <sup>b</sup>	4966 <sup>c</sup>	5388 <sup>a</sup>	1555	***
Carcasse (g)	2979 <sup>a</sup>	2734 <sup>b</sup>	3028 <sup>a</sup>	874	***
Foie (% du PV)	2,83	3,36	3,04	0,88	ns
Gésier (% du PV)	3,77	4,19	4,01	1,16	ns
Tube digestif (% du PV)	5,01	5,47	5,21	1,50	ns
Gras abdominal (% du PV)	2,14 <sup>a</sup>	0,89 <sup>b</sup>	2,17 <sup>a</sup>	0,63	**
Muscle pectoral (% de carcasse)	7,95	8,18	7,58	2,19	ns
Cuisse (% de carcasse)	11,24 <sup>a</sup>	11,90 <sup>b</sup>	11,22 <sup>a</sup>	3,24	*
Volume de jabot (ml/kg de PV)	60,3 <sup>b</sup>	80,4 <sup>a</sup>	64,1 <sup>b</sup>	10,0	***

Groupe T(Témoin): aliment témoin sous forme granulé composé avec 50% de maïs ; Groupe PG : aliment sous forme granulé composé de 50% de maïs et 10% de pulpe de betterave ; Groupe PF : 50% maïs grain + aliment complémentaire à base de 20% de pulpe de betterave ; ESM : Erreur-standard à la moyenne ; \*\*\*, P < 0,001 ; \*\*, P < 0,01 ; \*, P < 0,05 ; ns, P > 0,100 ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 4 :** Performance de croissance des animaux pendant la période de gavage (91 à 106 jours d'âge) et caractéristiques des foies gras obtenus

	Groupes			ESM	P-value
	Témoin	PG	PF		
Effectif début (91 j)	88	88	88		
Effectif fin (106 j)	86	81	83		ns
Poids vif à 91 j (g)	5275 <sup>b</sup>	4964 <sup>c</sup>	5393 <sup>a</sup>	29	***
Conso. maïs 91-106 j (g)	13311	13329	13322	6	ns
Gain de poids 91-106 j (g)	2728	2731	2739	15	ns
IC 91-106 j	4,92	4,91	4,90	0,03	ns
Poids vif à 106 j (g)	8006 <sup>b</sup>	7713 <sup>c</sup>	8155 <sup>a</sup>	31	***
Foie gras					
Poids (g)	958	962	968	11	ns
Classement commercial (%)					
Extra	91	95	87		
TV	8	5	8		ns
Déclassé	1	0	5		

Groupe Témoin: aliment témoin sous forme granulé composé avec 50% de maïs ; Groupe PG : aliment sous forme granulé composé de 50% de maïs et 10% de pulpe de betterave ; Groupe PF : 50% maïs grain + aliment complémentaire à base de 20% de pulpe de betterave ; ESM : Erreur-standard à la moyenne ; \*\*\*, P < 0,001 ; \*\*, P < 0,01 ; \*, P < 0,05 ; ns, P > 0,100 ; Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Figure 1.** Courbe de gavage utilisée



# INFLUENCE DE LA SUBSTITUTION DU MAÏS PAR DU SORGHO EN ELEVAGE ET GAVAGE SUR LES PERFORMANCES DES CANARDS MULARDS ET LES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA PRODUCTION DE FOIE GRAS

Arroyo Julien<sup>1</sup>, Dubois Jean-Pierre<sup>1</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>, Brachet Mathilde<sup>2</sup>,  
Deneufbourg<sup>2</sup> C., Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN

[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

Le but de ce travail était d'étudier les effets de la substitution du maïs jaune (M) par du sorgho (S) pendant la période de finition (période F; 53-79 j) et de gavage (période G; 80-91 j) sur les performances des canards mulards et les impacts environnementaux de la production de foie gras. Pour cela, 192 canards ont été divisés en 4 groupes différant par la céréale (maïs ou sorgho) incluse dans l'alimentation distribuée pendant la période F et/ou G, en utilisant un plan factoriel 2 × 2 : SS, SM, MS, MM. A la fin de la période G, les canards ont été abattus après 10 h de jeûne pour mesurer la qualité de foie gras et de magret. Les impacts environnementaux ont été évalués pour 1t de foie gras par la méthode de l'Analyse des Cycles de Vie. A la fin de la période G, les canards gavés avec du sorgho avaient des foies qui étaient plus lourds (respectivement 723 g vs. 694 g dans MS + SS vs. MM + SM;  $P < 0,05$ ) et moins jaunes (respectivement 24,40 vs 38,59 pour b \* dans MS + SS vs. MM + SM;  $P < 0,001$ ) que les canards gavés avec du maïs. La fonte à la cuisson du foie était similaire dans les 4 groupes (18%;  $P > 0,05$ ) ainsi que le poids des magrets (491 g,  $P > 0,05$ ). La substitution du maïs par du sorgho, notamment pendant la période G, entraîne une diminution du potentiel de réchauffement climatique (-10 à -11% dans MS et SS vs. MM), de la consommation d'énergie primaire (-10 et -11%) et de la consommation de la ressource en eau (-41 et -56%) liés à la production de foie gras, mais augmente l'occupation des surfaces (+8 et +14%). En conclusion, la substitution du maïs jaune par du sorgho pendant la période de finition et / ou de gavage est possible dans un système de production de foie gras de canard, et intéressant d'un point de vue économique, car il augmente le poids du foie gras sans diminuer le poids de magrets, et environnemental.

## ABSTRACT

### **Influence of the substitution of corn by sorghum during rearing and overfeeding periods on performances of mule ducks and environmental impacts of foie gras production**

The purpose of this study was to investigate the effects of yellow corn substitution (M) by sorghum (S) during the finishing period (period F 53-79 j) and overfeeding (period G, 80-91 j) on the performance of mule ducks and environmental impacts. For this purpose, 192 ducks were divided into 4 groups differing in cereals (corn or sorghum) included in the diet given during period F and / or G, using a 2 × 2 factorial design: SS, MS, MS, MM. At the end of period G, the ducks were slaughtered after 10 h of fasting to measure the quality of foie gras and duck breast. Environmental impacts were evaluated thanks the Life Cycle Analysis method. At the end of period G, ducks overfed with sorghum had livers that were heavier (723 g vs 694 g in MS + SS vs. MM + MS,  $P < 0.05$ ) and less yellow (24.40 vs 38.59 for b \* in MS + SS vs. MM + MS,  $P < 0.001$ ) than ducks fed with corn. Liver melt was similar in the 4 groups (18%,  $P > 0.05$ ) as the weight of the magrets (491 g,  $P > 0.05$ ). Substitution of corn by sorghum during G period reduce the potential climate change (-10 to -11% in MS and SS vs. MM), primary energy use (-10 and -11%) and water use (-41 and -56%) due to foie gras production but increases land occupation (+8 and +14%). In conclusion, the substitution of yellow corn by sorghum during the finishing and / or overfeeding period is possible in a duck foie gras production system and interesting from an economical point of view, because it increases the weight of the foie gras without decreasing the weight of duck breast, and environmental point of view.

## INTRODUCTION

Le développement de techniques permettant de réduire les impacts environnementaux des ateliers d'élevage est aujourd'hui une nécessité. Dans ce contexte, une modification du choix des matières premières semble un levier d'action intéressant (Boggia et al., 2010). Certaines matières premières ont des impacts environnementaux plus faibles que d'autres (Nguyen et al., 2012). Dans le cas de la filière destinée à la production de foie gras, l'alimentation des palmipèdes repose pour une large part sur l'utilisation du maïs comme source principale d'énergie alimentaire (Guéméné et Guy 2004). Or, cette plante présente l'inconvénient d'être fortement consommatrice en eau durant sa production (Amigues et al., 2006). Par ailleurs, dans certaines régions, notamment celles où la production de palmipèdes est bien développée (Sud-Ouest de la France), le maïs est souvent produit en monoculture sous irrigation pour optimiser les rendements par rapport aux intrants (engrais, traitements), ce qui entraîne une perte de biodiversité (auxiliaires de culture) et contribue à la détérioration du sol (sols nus en hiver). De plus, le séchage du maïs, contrairement au sorgho qui sèche sur pied, et son transport entre les lieux de récolte, de séchage, de stockage et d'utilisation sont coûteux en énergie.

Des essais précédents ont montré qu'il était possible d'utiliser du sorgho dans l'alimentation des oies pendant les phases d'élevage et de gavage (Arroyo 2012). L'incorporation de sorgho pendant la phase de gavage, entraîne une augmentation du poids des foies gras (+ 11%) mais une diminution de l'intensité de la couleur jaune du foie gras (- 25%).

Cette substitution est intéressante d'un point de vue environnemental (Arroyo et al., 2013). En effet, les variétés de sorgho actuelles, sans tanins, sont très proches du maïs par leurs caractéristiques chimiques et nutritionnelles (Sauvant et al., 2004). De plus, elles sont moins exigeantes en eau et plus résistantes au stress hydrique, ce qui les rend compétitives en conditions limitantes. Etant donné que la production de foie gras de canard domine le marché mondial du foie gras avec environ 90% du tonnage (CIFO 2012), il semble intéressant d'étudier la substitution du maïs par du sorgho dans l'alimentation des canards. Cette modification pourrait réduire les impacts environnementaux, directs et indirects, de la production de foie gras.

Le but de ce travail était d'étudier les effets de la substitution du maïs par du sorgho pendant les phases d'élevage et de gavage sur les performances des canards mulards et les impacts environnementaux de la production de foie gras. Cet essai qui se veut très prospectif, car la production française est majoritairement produite sous signe de qualité (Label rouge, IGP) dont le

cahier des charges interdit l'utilisation d'une autre matière première que le maïs pendant le gavage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

L'essai zootechnique a été réalisé sur le site de la Ferme de l'Oie et du Canard. 1600 canards (PKL\*/MMGAS), ont été répartis en 2 lots entre l'âge de 53 et 79 jours. L'ensemble des animaux a été nourri avec un aliment complet granulé (2900 kcal/kg et 15,2% PB). Pour une moitié des animaux, l'aliment contenait 50% de sorgho (S) et pour l'autre, il contenait 50% de maïs (M). A la fin de la période d'élevage, 96 canards/modalité ont été séparés en deux groupes, l'un gavé avec une pâtée de gavage contenant comme céréale 100% de maïs et l'autre 100% de sorgho pour constituer 4 lots (SM, SS, MM, MS).

### 1.2. Mesures et contrôles réalisés

L'ensemble des animaux a été pesé avant la mise en gavage. Pendant les 11 jours de gavage, la quantité de céréale distribuée et la mortalité des animaux ont été mesurées. A l'issue du gavage, les animaux ont été abattus après 10 heures de jeûne afin de déterminer le poids, la couleur et le classement commercial des foies ainsi que le poids du muscle et de la peau des magrets. Par la suite, les foies ont été transformés pour mesurer le taux de fonte à la cuisson.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyse statistiques "PASW Statistics 18" en utilisant les facteurs F (2 niveaux) et G (2 niveaux) et leur interaction comme effets fixes. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si  $P < 0,05$ .

### 1.4. Evaluation environnementale

Les conséquences environnementales de la substitution du maïs par du sorgho ont été évaluées à l'aide de la méthode de l'Analyse des Cycles de Vie (ACV, ISO 2006). Le système considéré concerne la production de 1 tonne de foie gras (unité fonctionnelle) depuis la production de l'œuf jusqu'à l'éviscération des volailles à l'abattoir, en prenant en compte, à chaque étape, la production et le transport des intrants. La démarche et les données d'inventaire sont décrites dans Deneufbourg et al. (2017). Le système MM correspondant au système standard (STD) de ces dernières. Nous avons adapté les données d'inventaire pour prendre en compte les résultats de cet essai concernant la composition des aliments et les performances des animaux :

ingestion, mortalité, poids de foie. Sept impacts environnementaux potentiels ont été calculés grâce à la réalisation d'une ACV attributionnelle : le potentiel d'acidification (kg SO<sub>2</sub>-ék.), le potentiel d'eutrophisation (kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-ék.), le potentiel de changement climatique (kg CO<sub>2</sub>-ék.), le potentiel d'écotoxicité terrestre (kg 1,4 DB-ék.), l'occupation des surfaces (m<sup>2</sup>.an), la consommation d'énergie primaire (MJ) et la consommation de la ressource en eau (m<sup>3</sup>). Les valeurs de ces catégories d'impacts ont été calculées à l'aide de la méthode de caractérisation CML2 v2.04 grâce au logiciel SimaPro (version 8.1.0.60) en utilisant l'allocation économique pour la répartition des impacts entre les divers co-produits (48% des flux affectés au foie gras).

## 2. RESULTATS

Il n'y a pas de différence entre les lots concernant la croissance (poids vif à la fin de la période F : 4519 g ; NS) et la mortalité (1,04% ; NS, Tableau 1) des animaux pendant la période F.

La quantité d'aliment distribuée pendant la période G est supérieure dans les lots gavés avec du sorgho (+23g pour les lots MS et SS; P < 0,01). Le poids vif à l'abattage (6549 g ; NS), le gain de poids (2030g ; NS) et l'IC pendant la période G (4,39 ; NS, Tableau 1) sont similaires entre les lots.

Les animaux gavés au sorgho produisent des foies qui sont plus lourds (723 g vs. 694 g, P < 0,01) que ceux des animaux gavés au maïs, ce qui par conséquent déprécie leur classement commercial basé essentiellement sur le poids (Tableau 2). De plus, la couleur des foies issus d'un gavage au maïs sont plus « jaunes » avant et après cuisson que ceux issus d'un gavage au sorgho (respectivement pour b\* : 24,40 vs. 38,59 ; P < 0,001 et 14,84 vs. 26,01; P < 0,001, Tableau 2).

Pour un poids de muscle du magret équivalent (318 g ; NS), les animaux gavés au maïs ont un poids de peau du magret supérieur à ceux des animaux gavés au sorgho (+3,5%; P < 0,05, Tableau 3).

Après transformation des foies, nous n'observons aucune différence sur le rendement à la cuisson qui est toutefois très élevé par rapport à la moyenne de poids de foie (82% de rendement pour un poids de 708 g, Tableau 4).

La substitution du maïs par du sorgho, notamment dans la pâte de gavage, entraîne une diminution du potentiel de réchauffement climatique (-10 à -11% dans les lots MS et SS comparés au lot MM; Tableau 5), de la consommation d'énergie primaire

(-10 et -11%) et de la consommation de la ressource en eau (-41 et -56%). À l'inverse, l'occupation des surfaces est supérieure (+8 et +14%), notamment en raison du faible rendement de culture du sorgho comparé au maïs (Agreste, 2016).

## DISCUSSION – CONCLUSION

Dans ce travail, le but était d'étudier les conséquences de la substitution du maïs par du sorgho, pendant la phase de finition ainsi que pendant le gavage sur les performances des canards mulards et les impacts environnementaux.

Tout comme montré chez l'oie (Arroyo, 2012 ; Arroyo et al., 2013), la substitution totale du maïs par du sorgho lors des phases d'élevage et de gavage (SS) augmente le poids des foies mais réduit leur qualité commerciale et change leur couleur (moins jaune) et réduit plusieurs impacts environnementaux liés à la production de foie gras (potentiel de réchauffement climatique, consommation d'énergie primaire, consommation de la ressource en eau) excepté l'occupation des surfaces liée à la productivité de la céréale. D'un point de vue zootechnique, ces résultats confirment l'intérêt de poursuivre les travaux sur la qualité nutritionnelle/physico-chimique des pâtées de gavage (niveau protéique, granulométrie, hydratation...). Toutefois, le canard mulard étant moins sensible aux changements alimentaires que l'oie, nous n'avons pas observé d'effet négatif d'un apport de sorgho pendant l'élevage suivi d'un gavage au maïs (lot SM) sur la mortalité des canards ni sur leurs performances zootechniques. D'un point de vue environnemental, nos résultats montrent qu'il est utile d'intégrer les impacts environnementaux des matières premières dans la formulation alimentaire comme proposé par Dusart et al. (2016).

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agreste, 2016. Grandes cultures et fourrages – août 2016.  
 Amigues J.P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F., Thomas A., 2006. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France), 72pp.  
 Arroyo J., 2012. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique, Toulouse, France. 331p

- Arroyo J., Fortun-Lamothe L., Auvergne A., Dubois J.P., Lavigne F., Aubin J., 2013. J. Clean. Prod., (59), 51-62.
- Boggia A., Paolotti L., Castellini C., 2010. World's Poult. Sci. J. (66), 95-114
- CIFOG (Comité Interprofessionnel des palmipèdes à Foie Gras) 2012. Assemblée Générale du 22/06/2012. Saint Palais France.
- Dusart L., Garcia-Launay F., Wilfart A., Meda B., Bouvarel I., espagnol S. 2016. Tema, (38), 15-27.
- Guéméné D., Guy G., 2004. World's Poult. Sci. J. (60), 210-222.
- Nguyen T.T.H., Bouvarel I., Ponchant P., van der Werf H.M.G., 2012. J. Clean. Prod (28), 215-224
- Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. eds INRA Editions, Paris and Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. 304pp.

**Tableau 1.** Performances des animaux pendant le gavage

	Groupes				ESM	P-value		
	MM	MS	SM	SS		E	G	E*G
Nombre canards à 80 j	48	48	48	48				
Nombre à 91 j	48	48	47	47		0,147	0,773	0,568
Poids vif 80 j (g)	4528	4525	4517	4507	20,3	0,718	0,880	0,931
Consommation 80-91 j (g)	8844	8874	8844	8859	3,8	0,313	0,003	0,313
Gain de poids 80-91j (g)	2030	2045	2005	2039	13,0	0,559	0,351	0,721
IC 80-91j	4,38	4,39	4,43	4,38	0,03	0,756	0,720	0,547
Poids vif à 91 j (g)	6558	6570	6522	6546	21,3	0,484	0,671	0,893

M : Maïs ; S : Sorgho ; E: Elevage; G: Gavage. ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 2.** Qualité des foies gras avant transformation

	Groupes				ESM	P-value		
	MM	MS	SM	SS		E	G	E*G
Nombre d'échantillon	48	48	47	47				
<i>Foie gras</i>								
Poids (g)	710	722	678	723	7,6	0,267	0,039	0,239
Couleur								
L* (luminance)	71,52	71,60	70,84	70,81	0,201	0,069	0,942	0,897
a* (rouge)	12,41	12,08	12,76	12,67	0,136	0,082	0,440	0,655
b* (jaune)	38,56	24,60	38,62	24,21	0,591	0,656	< 0,001	0,542
Classement commercial (%)								
Extra	40,0	20,0	66,7	19,5				
Tout Venant	60,0	72,5	28,2	73,2		0,153	< 0,001	<
Défaut	0,0	7,5	5,1	7,3				0,001

M : Maïs ; S : Sorgho ; E: Elevage; G: Gavage. ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 3.** Qualité des magrets avant transformation

	Groupes				ESM	P-value		
	MM	MS	SM	SS		E	G	E*G
Nombre d'échantillon	48	48	47	47				
Magret								
Poids de muscle, g	317	318	319	316	2,2	0,981	0,832	0,640
Couleur du muscle								
L*	47,24	47,48	46,96	47,19	0,170	0,415	0,494	0,995
a*	24,26	24,13	24,52	24,13	0,081	0,439	0,104	0,411
b*	12,93	12,28	12,91	12,24	0,102	0,873	0,001	0,953
Poids de peau, g	175	170	178	171	1,5	0,406	0,039	0,779
Couleur de peau								
L*	77,60	78,15	76,65	78,07	0,149	0,076	0,001	0,130
a*	1,13	1,43	1,40	1,98	0,122	0,090	0,069	0,550
b*	18,99	14,54	17,62	13,14	0,216	<0,001	<0,001	0,941

E: Elevage; G: Gavage

ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 4.** Qualité des foies gras après transformation

	Groupes				ESM	P-value		
	MM	MS	SM	SS		E	G	E*G
Foie gras								
Fonte après cuisson, %	20,56	18,65	14,26	19,74	1,019	0,200	0,378	0,070
Couleur								
L*	67,69	69,12	67,53	67,83	0,267	0,172	0,103	0,284
a*	5,91	6,50	6,51	6,38	0,137	0,385	0,394	0,186
b*	26,16	14,98	25,95	14,70	0,498	0,579	<0,001	0,939

E: Elevage; G: Gavage

ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

**Tableau 5.** Conséquence de la substitution du maïs par du sorgho en élevage et en gavage sur les impacts environnementaux potentiels de la production de 1 tonne de foie gras de canard

	MM <sup>a</sup>	Variations relatives par rapport au témoin		
		MS/MM	SM/MM	SS/MM
Potentiel d'acidification (kg SO <sub>2</sub> -eq.)	398	-5%	+5%	-4%
Potentiel d'eutrophisation (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq.)	179	+2%	+9%	+5%
Potentiel de changement climatique (kg CO <sub>2</sub> -eq.)	20 736	-10%	+4%	-11%
Potentiel d'écotoxicité terrestre (kg 1,4-DB-eq.)	1 751	-4%	+6%	-3%
Occupation des surfaces (m <sup>2</sup> .an)	31 958	+8%	+11%	+14%
Consommation d'énergie primaire (MJ)	258 802	-10%	+4%	-11%
Consommation de la ressource en eau (m <sup>3</sup> )	1 655	-41%	-10%	-56%

<sup>a</sup> Pour plus de détails sur l'obtention des résultats se reporter à Deneufbourg et al. (2017) sachant que le lot MM (présent travail) correspond au lot STD (production standard) de Deneufbourg et al. (2017).

# INFLUENCE DE LA SUBSTITUTION DU MAÏS « ORDINAIRE » PAR DU MAÏS « WAXY » EN ELEVAGE ET GAVAGE SUR LES PERFORMANCES DES CANARDS MULARDS

**Arroyo Julien<sup>1</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>, Lavigne Franck<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN

[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

Actuellement, un panel conséquent de variétés de maïs, possédant des caractéristiques physico-chimiques pouvant être très différentes, existe sur le marché. Le but de ce travail était d'étudier les effets de la substitution du maïs « ordinaire » (Mo) par du maïs « waxy » (Mw) pendant la période de finition (période F; 53-79 j) et de gavage (période G ; 80-91 j) sur les performances des canards mulards. Pour cela, 288 canards ont été divisés en 4 groupes différant par la variété de maïs (Mo ou Mw) incluse dans l'alimentation donnée pendant la période F et/ou G, en utilisant un plan factoriel  $2 \times 2$  : MoMo, MoMw, MwMo, MwMw. A la fin de la période G, les canards ont été abattus après 10 h de jeûne pour mesurer les performances des animaux (poids vifs, gain de poids, IC et poids de foie). A la mise en gavage le poids des animaux était similaire dans les 4 lots (4431 g ;  $P > 0,05$ ). Les canards gavés du lot Mo ont eu tendance à avoir une ingestion d'aliment pendant le gavage supérieur à celle des animaux du lot Mw (+15g,  $P < 0,001$ ). A 91 jours, les animaux du lot Mw avaient une tendance à être moins lourds (6486 g vs. 6536 g,  $P = 0,082$ ) que ceux du lot Mo, ce qui s'est traduit par un gain de poids supérieur (+2,3%,  $P < 0,05$ ) et un indice de consommation réduit (-2,5%,  $P < 0,05$ ) pour le lot Mo. Le poids de foie gras était similaire dans les 4 lots ( $P > 0,05$ ) mais tendait à être plus faible dans le lot MoMw ( $P = 0,077$ ). La mortalité des animaux était similaire dans les 4 lots. En conclusion, un changement de nature d'amidon entre les périodes d'élevage et gavage a peu d'influence sur les performances zootechniques des canards pendant le gavage.

## ABSTRACT

### **Influence of the substitution of "common" maize by "waxy" maize during rearing and overfeeding periods on performances of mule ducks**

Currently, a large panel of corn varieties, possessing physicochemical characteristics which can be very different, exists on the market. The purpose of this work was to investigate the effects of substitution of "ordinary" (Mo) maize by "waxy" maize (Mw) during the finishing period (F period, 53-79 j) and overfeeding (G period, 80-91 j) on the performance of mule ducks. For this purpose, 288 ducks were divided into 4 groups differing by the maize variety (Mo or Mw) included in the diet given during F and / or G period, using a  $2 \times 2$  factorial design: MoMo, MoMw, MwMo, MwMw. At the end of period G, the ducks were slaughtered after 10 h of fasting to measure the performance of the animals (live weight, weight gain, FCR and liver weight). At the beginning of overfeeding the weight of the animals was similar in the 4 groups (4431 g,  $P > 0.05$ ). Overfed ducks from the Mo group tended to have an ingestion of diet during the overfeeding greater than that of the animals of the Mw group (+ 15g,  $P < 0.001$ ). At 91 days, the animals in Mw group had a tendency to be less heavy (6486 g vs. 6536 g,  $P = 0.082$ ) than those in the Mo group, which resulted in a higher weight gain (+2.3 %,  $P < 0.05$ ) and a reduced food conversion ratio (-2.5%,  $P < 0.05$ ) for Mo group. The weight of foie gras was similar in the 4 groups ( $P > 0.05$ ) but tended to be lower in the MoMw group ( $P = 0.077$ ). The mortality of the animals was similar in the 4 groups. In conclusion, a change in the nature of starch between periods of rearing and overfeeding has few influence on the zootechnical performance of ducks during overfeeding.

## INTRODUCTION

Dans la production de foie gras, l'alimentation des palmipèdes repose pour une large part sur l'utilisation du maïs comme source principale d'énergie alimentaire. Cependant, un panel conséquent de variétés de maïs, qui présentent des caractéristiques physico-chimiques pouvant être très différentes, existe sur le marché. Quelle que soit sa variété, le maïs est riche en amidon (Sauvant et al., 2004). Celui-ci se compose de deux types distincts de polymères de glucose, l'amylose et l'amylopectine. La proportion amylose / amylopectine est dépendante de l'origine botanique et de la variété au sein d'une même espèce végétale (Tester et al., 2004). C'est pourquoi, l'amidon dans le maïs est caractérisé par la teneur en amylose et en amylopectine (Englyst et al., 2005). Par exemple, le maïs dit ordinaire, car il est dominant sur le marché, contient 25-30 % d'amylose et 70-75% d'amylopectine, tandis que le maïs cireux (appelé maïs waxy) contient seulement 1 % d'amylose et 99 % d'amylopectine (Brand-Miller et al., 2003).

Les résultats d'Arroyo et al. (2013a) portant sur l'utilisation de sorgho chez l'oie mettent en évidence un effet de la nature de l'amidon de la ration sur les performances des animaux. Ainsi, l'indice de consommation est réduit par une substitution du maïs par du sorgho dont l'amidon est uniquement composé d'amylopectine. Ce résultat rejoint les observations de Skiba et al (2005) sur la digestibilité de différents types de maïs chez le poulet, du type waxy à amylose extender (<50 % amylopectine), que les cultivars normaux soient de type corné-denté ou denté. Il rejoint également les résultats de Lavigne et al (2015) qui observent une amélioration du poids de foie et du rendement technologique à la cuisson avec l'utilisation du maïs waxy en gavage. Cela pourrait s'expliquer par une digestion plus lente, intervenant du proche jéjunum jusqu'à l'iléon, et qui se traduirait par un indice de consommation amélioré (Weurding et al, 2001, 2003). Cependant chez l'oie, Arroyo et al. (2013b) ont montré également qu'un changement de céréale (sorgho vs. maïs) entre les phases d'élevage et de gavage augmente la mortalité pendant la phase de gavage et réduit le poids de foie. Ces résultats peuvent être expliqués par la nécessité pour le tube digestif de s'adapter à un aliment de composition chimique différente malgré une composition nutritionnelle semblable.

Castaing et Robin (2000) ont montré que chez le canard l'utilisation de maïs waxy modifie la technologie des pâtes de gavage, ce qui nécessite d'augmenter la teneur en eau des pâtes et donc les volumes distribués. De plus, la granulométrie, généralement plus grossière des farines de maïs waxy (pour une même grille de broyage), influe sur la fluidité des pâtes. Les essais réalisés avec du sorgho

chez l'oie vont dans le même sens (Arroyo et al., 2013b,c et 2016). Le temps de rétention de l'aliment est aussi allongé avec des granulométries grossières chez le mulard (Rudeaux et al., 1993).

L'objectif de cet essai est d'étudier les effets de la substitution du maïs normal par du maïs waxy au cours de la croissance et/ou du gavage sur les performances chez les canards.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

L'essai zootechnique a été réalisé sur le site de la Ferme de l'Oie et du Canard. Pour cela, 288 canards (PKL\*/MMGAS), âgés d'un jour, ont été répartis en 2 lots entre l'âge de 53 et 79 jours. L'ensemble des animaux (1 parc/lot) a été nourri avec un aliment complet granulé (2900 kcal/kg et 15,2% PB) contenant 50% de maïs waxy (lot Mw ; n=144) ou 50% de maïs ordinaire (lot Mo ; n=144). Les autres paramètres de la ration étaient inchangés. A la fin de la période d'élevage, 144 canards/modalité ont été séparés en deux groupes, l'un gavé avec une pâtée de gavage contenant 100% de maïs waxy et l'autre contenant 100% de maïs ordinaire pour constituer 4 lots (MoMo, MoMw, MwMo, MwMw) contenant 72 canards chacun.

### 1.2. Mesures et contrôles réalisés

L'ensemble des animaux a été pesé individuellement avant la mise en gavage (80 j). Pendant les 11 jours de gavage, la quantité de céréale distribuée par animal et par jour et la mortalité des animaux ont été mesurées. A l'issue du gavage, les animaux ont été abattus, après une durée de jeun de 10h, afin de déterminer le poids des foies.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyse statistiques "PASW Statistics 18" en utilisant les effets du type de maïs utilisé pendant la phase d'élevage (2 niveaux), pendant la phase de gavage (2 niveaux) et leur interaction comme effet fixé. L'unité expérimentale était le canard. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes (mortalité) a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les différences entre moyennes sont considérées comme statistiquement non significatives si  $P > 0,1$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Lors de la mise en gavage, il n'y a pas de différence, entre les quatre lots, concernant le poids vif des

animaux (4431 g). La capacité d'hydratation du maïs utilisé dans la pâtée de gavage a une forte influence sur la quantité d'eau nécessaire pour l'obtention d'une pâtée fluide (Castaing et Robin ; 2000). L'utilisation de maïs waxy (Mw) nécessitant d'augmenter la teneur en eau des pâtées comparée à l'utilisation de maïs ordinaire (Mo). C'est pourquoi, le volume de pâtée distribué, pour une dose de matière brute fixe, était plus élevé dans les lots Mw (Lavigne, communication personnelle). Ceci s'est traduit par un ingéré supérieur chez les canards gavés avec du maïs ordinaire par rapport à ceux gavés avec du maïs waxy (+15g,  $P < 0,001$ ).

Après le gavage, les animaux du lot Mw avaient tendance à être moins lourds (6486 g vs. 6536 g,  $P = 0,082$ ) que ceux du lot Mo, ce qui s'est traduit par un gain de poids supérieur (+2.3%,  $P < 0,05$ ) et un indice de consommation plus faible (-2,5%,  $P < 0,05$ ) pour le lot Mo. Tout comme observé par Lavigne et al. (2015), ces observations peuvent être expliquées par un temps de transit alimentaire différent entre les animaux ayant reçu du Mo ou du Mw en gavage. En effet, le temps de transit des aliments est dépendant de la nature de l'amidon et de la granulométrie des aliments distribués.

Le poids de foie était similaire dans les 4 lots ( $P > 0,05$ ). Toutefois, le foie tend à être plus léger dans le lot MoMw que dans les 3 autres lots ( $P = 0,077$ ). Cela confirme les résultats observés chez l'oie avec du sorgho (Arroyo et al., 2013b). Ceci confirme que le canard est moins sensible que l'oie à des

modifications des stratégies nutritionnelles pendant les périodes de finition ou de gavage (Arroyo et al., 2016).

## CONCLUSION

Le but de ce travail était d'étudier les conséquences de la substitution du maïs ordinaire par du maïs waxy, pendant les phases de finition et de gavage sur les performances des canards mulards. Nos résultats montrent qu'un changement de nature d'amidon entre les périodes d'élevage et gavage a peu d'influence sur les performances zootechniques des canards pendant le gavage. Toutefois, la pratique du gavage reste délicate car l'utilisation du maïs waxy modifie les qualités technologiques de la pâtée de gavage.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFOG, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroyo J., Dubois J.P., Lavigne F., Brachet M., Fortun-Lamothe L., 2016. Poult. Sci. (95), 1304-1311.
- Arroyo J., Aubin J., Auvergne A., Dubois J.P., Fernandez X., Brachet M., Debaeke P., Fortun-Lamothe L., 2013a. INRA Prod. Anim. (26), 435-448.
- Arroyo J., Auvergne A., Dubois J.P., Lavigne F., Bijja M., Bannelier C., Manse H., Fortun-Lamothe L., 2013b. Poult. Sci. (92), 2448-2456.
- Arroyo J., Auvergne A., Dubois J.P., Lavigne F., Bijja M., Fortun-Lamothe L., 2013c. J. Appl. Poultry Res. (22), 849-854.
- Brand-Miller J., Hayne S., Petocz P., Colagiuri S. 2003. Diabetes Care (26), 2261-2267.
- Castaing J., Robin N., 2000. 4èmes JRFG, 130-133.
- Englyst, K. N., Englyst H. N. 2005. Br. J. Nutr. (94), 1-11.
- Lavigne F., Bonnefont C.M.D., Bouillier-Oudot M., Arroyo J., Dubois J.P., Molette C. 2015. 11èmes JRA-PFG. 794-798.
- Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. eds INRA Editions, Paris and Wageningen Academic Publishers, The Netherlands. 304pp.
- Skiba F., Barrier-Guillot B., Métayer JP., Champion M., 2005. 6èmes JRA, 287-291.
- Rudeaux F., Lucas J.Y., Bourdillon A., 1993. 1ères JRFG. 93-101.
- Tester R.F., Karkalas J., X. Qi. 2004. J. Cereal Sci. (39), 151-165.
- Weurding R.E., Enting H., Verstegen M.W.A., 2003. Anim. Feed Sci. Technol. (110), 175-184.
- Weurding R.E., Veldman A. Veen W.A.G., van der Aar P.J., Verstegen M.W.A., 2001. J. Nutr. (131), 2329-2335.



**Tableau 1.** Performance des animaux pendant et après le gavage

	Groupes				ESM	P-value		
	MoMo	MoMw	MwMo	MwMw		E	G	E*G
Nombre à 80j	72	72	72	72				
Nombre à 91j	72	72	72	71		0,316	0,316	0,390
Poids vif 80 j, g	4431	4430	4431	4431	9	0,972	0,968	0,998
Consommation 80-91 j, g	8405	8390	8411	8396	2	0,160	<0,001	0,997
Poids vif 91 j, g	6536	6464	6536	6509	14	0,428	0,082	0,426
Gain de poids 80-91 j, g	2106	2034	2105	2079	12	0,371	0,046	0,355
IC 80-91 j	4,03	4,17	4,03	4,09	0,02	0,365	0,046	0,427
Poids de foie, g	729	691	707	706	5	0,797	0,064	0,077

Mo : Maïs ordinaire ; Mw : Maïs waxy ; E: Elevage; G: Gavage ;

ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil  $p=0,05$ .

**VALORISATION ENERGETIQUE DE LA PULPE DE BETTERAVE EN  
VOLAILLES ET EFFET DE SON UTILISATION SUR LES PERFORMANCES DE  
CROISSANCE ET D'ABATTAGE DE POULETS DE CHAIR**

**C Margetyal<sup>1</sup>, C.Omphalius<sup>1</sup>, C.Launay<sup>1</sup>, D.Coulmier<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>NEOVIA, site de Chierry, rue de l'église, CS90019, 02402 CHATEAU-THIERRY

<sup>2</sup>DESIALIS, complexe agricole Mont Bernard, 51007 CHALONS EN CHAMPAGNE  
[cmargetyal@neovia-group.com](mailto:cmargetyal@neovia-group.com)

**RÉSUMÉ**

Riche en fibres solubles, la pulpe de betterave est une matière première atypique dans l'alimentation des poulets. A l'heure où la diversification des matières premières et où l'origine locale sont de mise, la pulpe de betterave peut trouver son intérêt. Dans un premier temps, l'évaluation de sa valeur énergétique a été réalisée sur coqs entiers. L'énergie brute obtenue pour la pulpe de betterave est de 4093 kcal/kg. La digestibilité de la matière organique est estimée à 74.4%. L'énergie métabolisable apparente est évaluée à 2665 kcal/kg et l'énergie métabolisable vraie à 2980 kcal/kg. Dans un second temps, l'effet de 2 niveaux d'incorporation a été évalué sur poulets de chair, en Croissance (3.5% et 10%) et en Finition (2.9% et 10.3%) en comparaison avec un régime témoin. A 41 jours d'âge, 30 animaux par traitement ont servi à des mesures de poids de carcasses et de poids de filets. L'analyse de variance, complétée par un test de Tukey au seuil de 5% n'a pas fait ressortir de différence significative de performances de croissance. En revanche, les consommations d'eau augmentent avec l'ingestion de pulpe de betterave. A l'abattage, les poids vifs, les poids et rendements en carcasse sont sensiblement équivalents pour les 3 traitements. Par contre, les filets tendent à être plus lourds avec pulpe de betterave, d'où un bénéfice sur le rendement : on observe des poids de filet de 603.3g (soit un rendement de 19.28%) et 606.9g (19.39%) avec la pulpe de betterave, contre 577g (18.54%) pour le lot témoin. Ainsi, moyennant l'utilisation d'un descriptif de formulation adéquat, il est possible d'envisager l'incorporation de pulpe de betterave dans les aliments croissance et finition des poulets de chair sans dégradation des performances de croissance et d'abattage.

**ABSTRACT**

**Energetic value for beet pulp in poultry and effect of its use on broilers performance**

Rich in soluble fibers, beet pulp is an unusual feedstuff in poultry. However, it could play advantageously the diversity and local supply card. First, its energetic value was estimated on intact roosters. The crude energy value is 4093 kcal/kg, the organic matter digestibility is estimated at 74.4%, Apparent Metabolizable Energy at 2665 kcal/kg and True Metabolizable Energy at 2980 kcal/kg. Secondly, the effect of 2 levels of beet pulp inclusion was evaluated on broilers, in Growing (3.5% and 10%) and Finishing (2.9% and 10.3%) periods. At 41 days, carcasses and breast weights were assessed on 30 broilers per treatment. ANOVA analysis and Tukey test didn't show any statistical difference in growth performances. However, water intake increases with beet pulp consumption. Carcasses yields are similar but breast yield tend to be higher with beet pulp: around 19.3%, against 18.5% for the Control. Provided that a suitable nutritional profile is used in diets formulation, inclusion of beet pulp in broilers feeds from the growing period is possible without negative impact on growth performance and slaughter results.

## INTRODUCTION

La pulpe de betterave déshydratée est dotée d'une bonne valeur énergétique et d'une bonne digestibilité en ruminants, mais c'est surtout sa haute teneur en fibres qui en fait un aliment de choix pour ces animaux. Une consommation allant jusqu'à 30 % de matière sèche dans les rations vaches laitières et 50 % pour les bovins viandes n'est pas atypique. En volailles par contre, c'est notamment la richesse en fibres solubles qui en limite l'utilisation. Cependant, dans un contexte où la diversification des profils alimentaires est recherchée et face à une demande sociétale favorisant la consommation de produits locaux, la pulpe de betterave pourrait bien avoir sa carte à jouer. Encore faut-il bien en cerner les valeurs nutritionnelles afin de disposer d'un descriptif matriciel qui puisse les refléter fidèlement.

L'objectif de nos essais, menés sur coqs et sur poulets de chair, a été de caractériser dans un premier temps la valeur énergétique de la pulpe de betterave et dans un deuxième temps, d'évaluer l'effet de son utilisation dans l'alimentation des poulets.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Evaluation de la valeur énergétique de la pulpe de betterave sur coqs entiers

Avant toute mesure, la part des sécrétions endogènes propre aux coqs en essai est déterminée. Il s'agit des pertes naturelles de l'animal, indépendamment de l'aliment reçu. Ainsi, les excréta des coqs à jeun depuis 24h ont été récoltés durant une période de 48h. Humidité, énergie brute et matière grasse sont analysées sur les excréta récoltés et lyophilisés. Les résultats sont utilisés par la suite pour les calculs de digestibilité.

Des échantillons de 60g de pulpe de betterave (fournie par Désialis) broyée sont administrés par gavage à 12 coqs entiers, préalablement mis à jeun durant 24 heures. Les excréta sont collectés durant 48 heures. Les plumes et autres corps étrangers sont soigneusement retirés. Les fientes ainsi collectées sont rapidement congelées pendant 12 à 24h à -20°C pour éviter toute fermentation. Les fientes congelées sont lyophilisées, pesées et poolées par groupes de 4 coqs. Après broyage, les teneurs en MS, protéine, matière grasse, matière minérale et énergie brute sont analysées.

La pulpe de betterave elle-même est analysée quant à ses teneurs en humidité, protéine (Dumas), matière grasse, matière minérale, matière organique, énergie brute, cellulose (Weende), NDF, ADF, ADL (Van Soest), TDF, SDF et IDF.

Sont alors calculées :

- l'Energie Métabolisable Apparente (AME), par différence entre les quantités d'énergie brute ingérée et excrétée

- l'Energie Métabolisable Vraie (TME), résultant de la précédente, corrigée pour l'excrétion endogène d'énergie brute.

- l'Energie Métabolisable Apparente corrigée pour un bilan azoté nul (AMEn) : il s'agit de l'AME, ajustée pour un animal en entretien, c'est-à-dire corrigée de l'énergie utilisée pour fixer les protéines. La valeur calorique utilisée est de 8.22 kcal/g d'azote (Larbier et Leclercq, 1992).

Les coefficients d'utilisation digestive (CUD) expriment la différence entre quantités ingérée et excrétée, ramenée à la quantité ingérée.

### 1.2. Performance de croissance et d'abattage de poulets recevant de la pulpe de betterave

Des poulets de souche Ross PM3 sont réceptionnés le jour de l'éclosion et répartis en cages par blocs de poids, à raison de 5 animaux/cage.

Nourris ad libitum, ils reçoivent un aliment démarrage commun (miettes de 2.5 mm) de 0 à 10 jours, un aliment croissance (granulés de 2.5 mm) de 10 à 21 jours et enfin un aliment finition (granulés de 3.5 mm) de 21 à 41 jours. 3 gammes d'aliments sont comparées : une gamme Témoin, sans pulpe de betterave, une gamme à teneurs modérées en pulpe de betterave avec respectivement 3.5% et 2.9% en croissance et finition et une gamme à teneurs élevées, avec respectivement 11.4% et 7% de pulpe de betterave en croissance et finition. Les 2 premières gammes sont formulées à teneurs en TDF équivalentes, les teneurs étant plus élevées dans la dernière (+3 points de TDF). Il y a 19 répétitions par traitement.

Les poulets sont pesés à chaque changement d'aliment et en fin d'essai ; les consommations d'aliments et d'eau sont relevées. Tous les comportements singuliers ainsi que les cas de gaspillage sont soigneusement relevés. A 41 jours d'âge, 30 animaux par traitement sont sélectionnés sur la base de leur poids, le plus proche possible du poids moyen de leur traitement. Ils sont abattus pour des mesures de poids de carcasses et de poids de filets.

### 1.3 Analyse statistique

Tous les critères sont soumis à une analyse de variance à l'aide d'une procédure GLM (logiciel SAS), complétée par un test de Tukey. Le seuil de significativité est fixé à  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Valeurs énergétiques de la pulpe de betterave

La pulpe de betterave présente des caractéristiques nutritionnelles très proches de celles données par l'INRA. Par exemple, pour une énergie brute annoncée à 4060 kcal/kg sur sec par l'INRA, nous obtenons une valeur de 4093 kcal/kg. Les digestibilités de la matière organique et de la matière sèche sont de l'ordre de 70-75%. Les valeurs énergétiques obtenues ne sont pas très élevées mais ne sont pas négligeables non plus (Tableau 1). Le ratio

AMEn/EB nous donne une idée de la digestibilité de l'énergie, qui est de 65% dans cette étude. Bien qu'inférieure à ce que l'on peut trouver sur maïs (83%) ou sur blé (79%), cette efficacité d'utilisation énergétique n'en est pas moins intéressante, dans la mesure où elle est supérieure aux ratios déduits des valeurs annoncées par l'INRA, sur tourteau de soja (55%), tourteaux de colza et tournesol (36%) ou encore sur drêches de distillerie de blé (53%).

### 2.1. Performances de croissance et d'abattage des poulets de chair

Que les aliments contiennent de la pulpe de betterave ou non, et quelle que soit la teneur, les performances de croissance sont sans différence significative. Réalisée sur poulets de 1 à 42 jours recevant 3% de pulpe de betterave, les études de Gonzales-Alvarado et al. (2010) et Bignon et al. (2015) vont globalement dans le même sens alors que l'étude de Bebin et al. (2013) montre une amélioration des performances de croissance (GMQ, CMJ et IC) sur 35 jours avec 2% de pulpe de betterave. Dans notre étude, on remarque toutefois que le rythme de croissance est légèrement différent avec l'incorporation haute de pulpe de betterave. En effet, on peut remarquer que numériquement, la croissance est limitée sur 0-21 jours par l'ingéré d'aliment, mais que la consommation, et donc le gain de poids se rattrapent ensuite sur 21-41 jours. C'est dire que dans cet essai, l'effet de dilatation du tractus digestif attribué à la forte capacité de rétention d'eau de la pulpe de betterave ne se manifeste que sur les 3 premières semaines, avec une compensation ensuite.

Par contre, la consommation d'eau augmente significativement avec l'incorporation de pulpe de betterave comme mesuré par Bignon et al. (2015). Il est possible que l'augmentation des teneurs en fibres solubles entraîne une rétention d'eau plus élevée dans le digesta, au détriment de l'assimilation de l'eau par l'organisme, qui, pour compenser, consomme plus d'eau. Hocking et al. (2004) observent effectivement une augmentation de l'humidité des digesta de poules reproductrices recevant de la pulpe de betterave, ce qui aurait pour effet d'améliorer la satiété et donc le bien-être de ces animaux rationnés. Le picage et le cannibalisme sont en effet diminués dans leur étude.

En poulets de chair, l'impact sur la qualité de litière est essentiel mais notre essai, réalisé en cages, n'a pu l'évaluer. Un essai au sol, dans le prolongement de celui-ci, serait donc nécessaire.

Les poids de carcasses, chaudes et froides, sont sensiblement les mêmes entre les 3 régimes. En revanche, le rendement carcasse est significativement plus élevé avec la pulpe à taux modéré. Les filets sont significativement plus lourds sur les lots ayant consommé de la pulpe de betterave, sans que cela ne soit un effet du poids de carcasse. Par conséquent, les rendements filets sont meilleurs avec la pulpe de betterave. Cette observation intéressante reste difficile à expliquer mais avait déjà été mesurée sous forme de tendance par Bignon et al. (2015) alors que Gonzales-Alvarado et al. (2010) n'observaient pas cet effet bénéfique sur le poids de filet. De même, si les travaux d'Arslan et al. (2003, 2005) réalisés sur oies, montrent également qu'une utilisation de pulpe de betterave, à hauteur de 10% voire 20% en croissance est possible sans dégrader les performances de croissance, ils observent en revanche que les filets sont moins lourds.

### CONCLUSION

L'évaluation sur coqs, tout comme l'essai de croissance en poulets de chair laissent penser que l'utilisation de pulpe de betterave est possible, à des teneurs de l'ordre de 3%, sans perte sur les performances de croissance et d'abattage. Au contraire, une amélioration du développement du filet est ici relevée avec pulpe de betterave. Ce fait intéressant reste à expliquer. Une incorporation plus élevée peut être limitée par la teneur en fibres solubles car elle augmente la consommation d'eau.

L'impact sur la qualité de litière et l'état des pattes doit en être évalué.

Nous remercions Pauline Quero, technicienne et Richard Louis, animalier au Centre de Recherche en Zootechnie Appliquée (CRZA) pour leur concours et dans l'essai en poulets. De même, nous remercions Joséphine Briant, technicienne et Joël Trebossen, animalier au Talhouët Research Center (TRC) pour la réalisation de l'évaluation sur coqs.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arslan C., Saatci M., 2003. *Revue Méd. Vét.*, 154, 10, 633-638.  
 Arslan C., 2005. *Revue Méd. Vét.*, 156, 10, 475-481.  
 Bebin K., Gardan-Salmon D., Jacquot C., Urdaci M., Arturo-Schaan M., Panhéleux M., 2013. 10<sup>èmes</sup> J. Rech. Avic., La Rochelle, 763-766  
 Bignon L., Mika A., Dupin M., Dusart L., Travel A., Narcy A., Bournazel M., Bourin M., Mercierand F., Naciri M., Magnin M., Garet J., Bouvarel I., 2015. 11<sup>èmes</sup> J. Rech. Avic., Tours, 887-892  
 Gonzales-Alvarado J.M., Jimenez-Moreno E., Gonzales-Sanchez D., Lazaro R., Mateos G.G., 2010 *Anim. Feed Sci and Techno*, 162, 37-46.  
 Hocking P.M., Zaczek V., Jones E.K.M., Macleod M.G., 2004. *British Poult. Sci.* Vol 45, n° 1, 9-19.  
 Sauvart D., Perez J.M., Tran G., 2002. In : *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*. INRA Editions.

**Tableau 1.** Valeurs nutritionnelles de la pulpe de betterave

	<b>Pulpe de betterave</b>
Matière sèche (% brut)	90.1
Protéine (% sec, Dumas)	9.1
Matière grasse (% sec, hydrolyse)	1.6
Matière minérale (% sec)	6.7
Matière organique (% sec)	93.3
Energie brute (kcal/kg sur sec)	4093
Cellulose (% sec, Weende)	19.5
NDF (% sec, Van Soest)	46.0
ADF (% sec, Van Soest)	23.0
ADL (% sec, Van Soest)	2.1
TDF (% sec)	69.3
SDF (% sec)	20.8
IDF (% sec)	43.4
Digestibilité de la matière sèche (%)	72.5
Digestibilité de la matière organique (%)	74.4
AME (kcal/kg MS)	2654
AMEn (kcal/kg MS)	2665
TME (kcal/kg MS)	2988
TMEn (kcal/kg MS)	2978

**Tableau 2.** Composition (%) des aliments et principales caractéristiques nutritionnelles

Traitement	Démarrage	Croissance STD	Croissance Pulpe modérée	Croissance Pulpe élevée	Finition STD	Finition Pulpe modérée	Finition Pulpe élevée
Blé	31.9	35.0	37.0	35.0	36.9	37.9	35.0
Maïs	26.8	32.3	32.1	28.6	34.7	36.9	28.0
Orge	-	-	-	-	-	-	3.3
Drêches blé	1.0	1.8	-	1.7	3.0	-	-
Son de blé	5.6	2.0	3.0	-	2.0	-	-
T.colza	4.0	4.0	-	-	-	-	-
T.tournesol	4.7	4.0	-	-	1.5	-	-
T.soja 48	22.0	17.2	21.5	21.8	18.1	19.5	19.5
Huile de colza	0.5	0.8	-	0.3	1.1	0.2	1.5
Pulpe betterave	-	-	3.5	10.0	-	2.9	10.3
Premix, minéraux et acides aminés	3.5	2.9	2.9	2.6	2.7	2.6	2.4
Energie métabolisable (kcal/kg)	2700	2850	2850	2850	2950	2950	2950
Protéine (%)	20.2	18.0	18.0	18.0	17.0	17.0	17.0
Lysine digestible (%)	1.06	0.92	0.92	0.92	0.87	0.87	0.87
TDF (%)	16.7	15.0	15.0	18.3	13.5	13.5	18.0
Fibres insolubles (%)	15.4	13.7	13.4	15.7	12.3	12.0	15.4
Fibres solubles (%)	1.3	1.3	1.6	2.6	1.2	1.5	2.7

**Tableau 3.** Performances de croissance de l'essai mené sur poulet de chair

<sup>a-b</sup> pour une ligne donnée, les moyennes non suivies des mêmes lettres sont significativement différentes  
Les résultats sont les moyennes des différents traitements plus ou moins l'écart type

	Témoin	Pulpe de betterave modérée	Pulpe de betterave élevée	p-value
<b>Démarrage 0-10 j</b>				
Poids J1 (g)	37±3	37±2	37±2	0.97
Conso aliment (g/j)	24.7±3.2	25.4±1.6	23.6±2.8	0.10
GMQ (g/j)	19.7±2.3	20.0±1.3	19.1±2.0	0.33
IC	1.25±0.06	1.27±0.07	1.24±0.05	0.14
Poids J10 (g)	234±24	237±14	228±21	0.36
<b>Croissance 10-21 j</b>				
Conso aliment (g/j)	93.9±6.9	94.5±5.9	90.5±5.9	0.13
GMQ (g/j)	58.6±5.5 ab	60.9±4.3 a	57.0±4.5 b	0.05
IC	1.59±0.07	1.56±0.05	1.59±0.08	0.28
Poids J21 (g)	881±77	907±55	857±70	0.08
Conso eau (mL/j/poulet)	194 ±11 B	215 ±2 AB	229± 16 A	<0.001
<b>Finition 21-41 j</b>				
Conso aliment (g/j)	195.6±10.7	194.6±9.1	199.6±9.2	0.27
GMQ (g/j)	112.2±6.6	110.5±7.1	113.7±6.2	0.33
IC	1.74±0.05	1.76±0.06	1.76±0.05	0.49
Poids J41 (g)	3125±320	3119±331	3137±257	0.95
Conso eau (mL/j/poulet)	342±22 B	353±14 B	435±14 A	<0.001
<b>Période 0-41 j</b>				
Conso aliment (g/j)	125.3±8.1	125.9±5.6	125.6±4.8	0.97
GMQ (g/j)	75.3±4.8	75.2±4.4	75.6±3.9	0.95
IC	1.65±0.07	1.68±0.05	1.67±0.06	0.26
Conso eau (mL/j/poulet)	237± 16 B	249± 8 B	296± 11 A	<0.001

**Tableau 2.** Performances d'abattage de l'essai mené sur poulet de chair

<sup>a-b</sup> pour une ligne donnée, les moyennes non suivies des mêmes lettres sont significativement différentes  
Les résultats sont les moyennes des différents traitements plus ou moins l'écart type

	Témoin	Pulpe de betterave modérée	Pulpe de betterave élevée	p-value
Poids vif (g)	3115± 79	3128± 64	3130± 57	0.66
Poids carcasses chaudes (g)	2287 ± 85	2323 ± 71	2289 ± 75	0.13
Poids carcasses froides (g)	2264 ± 84	2297± 71	2264 ± 76	0.17
Rendements CF/PV (%)	72.7 ± 1.5 ab	73.4 ± 1.6a	72.3 ± 1.7b	0.04
Poids de filets (g)	577.7± 51 b	603.3± 51 ab	606.9± 40 a	0.04
Rendements filets (%CF)	25.5 ± 1.8 b	26.2 ± 1.9 ab	26.8 ± 1.4 a	0.02
Rendements filets (%PV)	18.5 ± 1.5 b	19.3 ± 1.5 ab	19.4 ± 1.2 a	0.04

C Margetyal 1, C.Omphalius 1, C.Launay 1, D.Coulmier 2

1NEOVIA, site de Chierry, rue de l'église, CS90019, 02402 CHATEAU-THIERRY

2 DESIALIS, complexe agricole Mont Bernard, 51007 CHALONS EN CHAMPAGNE

## Introduction

En ruminants, la pulpe de betterave déshydratée est dotée d'une bonne valeur énergétique et d'une bonne digestibilité, mais c'est surtout sa haute teneur en fibres qui en fait un aliment de choix. En volailles, c'est justement cette **richesse en fibres solubles** qui **en limite l'utilisation**.

Cependant, dans un contexte de **diversification des profils alimentaires** et d'une demande sociétale orientée vers l'utilisation de **matières premières locales**, la pulpe de betterave pourrait bien avoir sa carte à jouer.

L'objectif de nos essais, menés sur **coqs adultes et poulets en croissance** a été de caractériser dans un premier temps la **valeur énergétique** de la pulpe de betterave et dans un deuxième temps, d'évaluer l'effet de son utilisation dans l'alimentation des poulets en croissance.

## Matériel et Méthodes

### Evaluation de la valeur énergétique sur coqs entiers

# Après évaluation de la part des sécrétions endogènes, administration par gavage de 60g de pulpe de betterave à 12 coqs entiers à jeun.

# Collecte des excréta durant 48h, nettoyage et congélation

# Lyophilisation, pesées et pools par groupes de 4 coqs, puis broyage

# Analyse des teneurs en MS, protéine, MG, MM et EB.

# Calcul de l'AME et de la TME (respectivement énergies métabolisables apparente et vraie), ainsi que de l'AMEn et de la TMEn (corrigées pour un bilan azoté nul) **Tableau 1** et **Graphique 1**

### Performances de croissance et d'abattage sur poulets de chair

# Des poulets Ross PM3 nourris ad libitum, de 1 à 41 jours, reçoivent l'une des 3 gammes d'aliments, à teneurs plus ou moins élevées en pulpe de betterave, à raison de 19 répétitions (de 5 animaux chacune) par traitement :

	1 -10 j	10-21 j	21-42 j
Témoin	-	-	-
P.Betterave Teneur modérée	-	3.5%	2.9%
P.Betterave Teneur élevée	-	11.4%	7%

# Relevés des poids, des consommations d'aliment et d'eau **Tableau 2**

# Evaluation des performances d'abattage (N=30/traitement)



	Témoin	Pulpe de betterave Teneur modérée	Pulpe de betterave Teneur élevée	p-value
<b>Performances 1-41 jours</b>				
Consommation d'aliment (g/j)	125.3±8.1	125.9±5.6	125.6±4.8	0.97
GMQ (g/j)	75.3±4.8	75.2±4.4	75.6±3.9	0.95
IC	1.65±0.07	1.68±0.05	1.67±0.06	0.26
Conso eau (mL/j/poulet)	237± 16 B	249± 8 B	296± 11 A	<0.001
<b>Performances d'abattage</b>				
Poids vif (PV, g)	3115± 79	3128± 64	3130± 57	0.66
Poids de carcasse chaude (g)	2287 ± 85	2323 ± 71	2289 ± 75	0.13
Poids de carcasse froide (CF, g)	2264 ± 84	2297± 71	2264 ± 76	0.17
Rendements CF/PV (%)	72.7 ± 1.5 ab	73.4 ± 1.6a	72.3 ± 1.7b	0.04
Poids de filets (g)	577.7± 51 b	603.3± 51 ab	606.9± 40 a	0.04
Rendement filets (%CF)	25.5 ± 1.8 b	26.2 ± 1.9 ab	26.8 ± 1.4 a	0.02
Rendement filets (%PV)	18.5 ± 1.5 b	19.3 ± 1.5 ab	19.4 ± 1.2 a	0.04

## Résultats

Tableau 1

Energie Brute (EB, kcal/kg MS)	4060
Digestibilité de la matière sèche (%)	72.5
Digestibilité de la matière organique (%)	74.4
AME (kcal/kg MS)	2654
AMEn (kcal/kg MS)	2665
TME (kcal/kg MS)	2988
TMEn (kcal/kg MS)	2978
AMEn/EB (%)	65



Ratios AMEn/EB

(données INRA pour les matières premières autres que la pulpe de betterave)

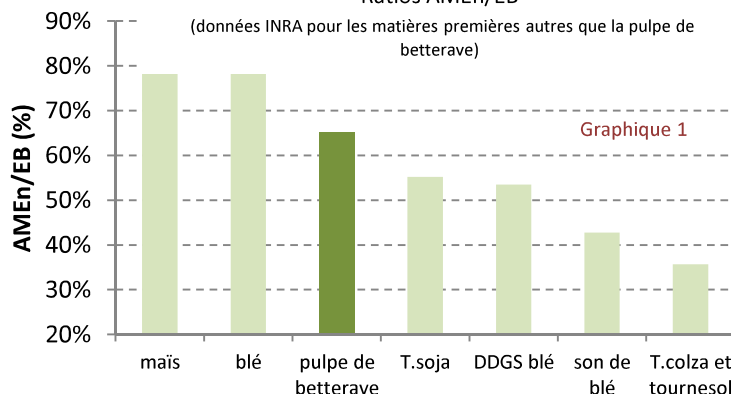


Tableau 2

	Témoin	Pulpe de betterave Teneur modérée	Pulpe de betterave Teneur élevée	p-value
<b>Performances 1-41 jours</b>				
Consommation d'aliment (g/j)	125.3±8.1	125.9±5.6	125.6±4.8	0.97
GMQ (g/j)	75.3±4.8	75.2±4.4	75.6±3.9	0.95
IC	1.65±0.07	1.68±0.05	1.67±0.06	0.26
Conso eau (mL/j/poulet)	237± 16 B	249± 8 B	296± 11 A	<0.001
<b>Performances d'abattage</b>				
Poids vif (PV, g)	3115± 79	3128± 64	3130± 57	0.66
Poids de carcasse chaude (g)	2287 ± 85	2323 ± 71	2289 ± 75	0.13
Poids de carcasse froide (CF, g)	2264 ± 84	2297± 71	2264 ± 76	0.17
Rendements CF/PV (%)	72.7 ± 1.5 ab	73.4 ± 1.6a	72.3 ± 1.7b	0.04
Poids de filets (g)	577.7± 51 b	603.3± 51 ab	606.9± 40 a	0.04
Rendement filets (%CF)	25.5 ± 1.8 b	26.2 ± 1.9 ab	26.8 ± 1.4 a	0.02
Rendement filets (%PV)	18.5 ± 1.5 b	19.3 ± 1.5 ab	19.4 ± 1.2 a	0.04

## Discussion - Conclusion

# L'énergie brute obtenue pour la pulpe de betterave déshydratée est proche des 4093 kcal/kg sur MS annoncées par l'INRA.

# L'efficacité d'utilisation de l'énergie de 65% en fait une source énergétique intéressante pour les volailles

# L'utilisation de pulpe de betterave est possible, à des teneurs de l'ordre de 3%, sans perte sur les performances de croissance et d'abattage.

# L'amélioration du développement du filet avec pulpe de betterave est une observation intéressante, mais qui reste à expliquer.

# Une incorporation plus élevée peut être limitée par la teneur en fibres solubles car elle augmente la consommation d'eau.

# L'impact sur la qualité de litière et l'état des pattes doit être évalué.

## EFFET DU NUTRIMENT « PROTEINE DIGESTIBLE » SUR LES PERFORMANCES DE PONTE ET LA QUALITE DES OEUFS.

**Roffidal Lucien<sup>1</sup>, Quentin Maxime<sup>1</sup>, Jeay Lionel<sup>2</sup>, Margetyal Carole<sup>2</sup>, Guerini Celine<sup>1</sup>, Laffitte Etienne<sup>1</sup>, Launay Claire<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> INZO, 1 rue de la Marébaudière, BP 96669, 35766 Saint-Grégoire

<sup>2</sup> NEOVIA, site de Chierry, rue de l'église, CS90019, 02402 Château-Thierry

[mquentin@inzo-net.com](mailto:mquentin@inzo-net.com)

### RESUMÉ :

Deux essais, mis en place au centre de recherches zootechniques appliquées de Montfaucon (NEOVIA, France), ont été conduits sur deux lots de poules IsaBrown pour mesurer les effets d'un taux en protéine digestible croissant (12; 13; 14 et 15% de Ptdig) sur les principaux paramètres zootechniques de la ponte et de la qualité des œufs avant (essai 1) et après (essai 2) le pic de ponte. Dans l'essai 1, 288 poules ont été réparties dans 96 cages puis nourries avec les quatre aliments expérimentaux dès le transfert (18 semaines d'âge) pendant 14 semaines. Dans l'essai 2, 1440 poules ont été réparties dans 72 cages, les 4 aliments expérimentaux ont été distribués entre 26 et 36 semaines d'âge. Dans les deux essais, le pourcentage de ponte, le poids des œufs, la consommation d'aliment, les œufs sales, cassés et anormaux ont été comptabilisés chaque semaine à partir de 22 ou 26 semaines d'âge.

La réduction du taux protéique de l'aliment de 15 à 12% de Ptdig a conduit à une réduction de la consommation de 2,5 et 1,5% dans les essais 1 et 2. Le taux de ponte reste constant dans l'essai 1 mais il est réduit de 0,7% dans l'essai 2 entre 12 et 14% de Ptdig. L'IC est stable dans l'essai 1 mais une baisse de 3% est mesurée dans l'essai 2 entre 12 et 15% de Ptdig. Le poids moyen des œufs a été augmenté de 2,9g dans l'essai 1 et de 2,1g dans l'essai 2 entre les deux extrêmes. La qualité des œufs est significativement dégradée avec l'augmentation du taux protéique de l'aliment. Une teneur du régime de 14% de protéine digestible semble être optimale avant et après le pic de ponte.

### ABSTRACT:

#### **Effect of digestible protein nutrient on layer performances and egg quality.**

Two trials were conducted at the Research Center of Montfaucon (NEOVIA, France) on IsaBrown layers to measure the effects of an increasing total and / or digestible protein levels (12; 13, 14 and 15% of Ptdig) in the diet. Egg production and egg quality were recorded before (trial 1) and after (trial 2) the laying peak. In experiment 1, 288 hens were distributed in 96 cages and fed with the four experimental diets, from 18 to 26 weeks of age. In experiment 2, 1440 hens were distributed in 72 cages and were fed with the 4 experimental diets from 26 to 36 weeks of age. In both experiments, egg production, egg weight, feed intake, dirty, broken and abnormal eggs were recorded weekly from 22 to 26 weeks of age. Reduction of Ptdig content from 15 to 12% reduced feed intake by 2,5% and 1.5% respectively, in trial 1 and 2. Between 12 and 14% Ptdig, egg production remained constant in the experiment 1 but was reduced by 0.7% in the second experiment. Between 12 and 15% Ptdig, feed conversion ratio was stable in trial 1 but a decrease of 3% was measured in trial 2. Egg weight was increased by 2.9 g in trial 1 and 2.1 g in trial 2 between the first and the last protein level. Egg quality was significantly degraded with the increasing protein content of the diet. Before and just after the laying peak, 14% of Ptdig in the feed should optimize layer performances and egg quality.



## INTRODUCTION

La teneur en protéine d'un aliment est en enjeu majeur dans l'alimentation des volailles. La définition du besoin en protéine a été largement développée dans la littérature (Pesti, 1991) mais ce nutriment, issu de la mesure de l'azote total, est finalement relativement imprécis (Alhotan et Pesti, 2016). Il existe potentiellement deux besoins liés à la protéine, celui des acides aminés (AA) essentiels dits maîtrisés (par l'apport sous une forme synthétique), et la part non maîtrisée comprenant des essentiels et des non-essentiels. Ces derniers constituent un pool nécessaire à la performance optimale. Pour améliorer la précision du critère protéique, un nutriment spécifique : la protéine digestible a été développée récemment par INZO.

Les besoins des poules sont relativement modestes (15% de protéine brute selon le NRC, 1994) même en début de ponte mais il n'est pas rare, sur le terrain, de constater l'utilisation d'aliments à teneur beaucoup plus élevée en protéine (jusqu'à 18,5%). Ces normes sont conformes aux recommandations de certains sélectionneurs. L'objectif de ce niveau élevé est d'augmenter rapidement le calibre des œufs (IsaBrow, Nutritional Management Guide) mais les conséquences économiques ou environnementales sont importantes avec un risque d'engraissement précoce des poules qui est préjudiciable à leur productivité à long terme (Pérez-Bonilla, 2012).

L'objectif de ce travail est de compiler deux essais qui, autour du pic de ponte, permettent de mesurer les effets d'une augmentation de la teneur de l'aliment en protéine digestible sur le calibre, la qualité des œufs ainsi que les performances de ponte en début de cycle.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Définition de la protéine digestible.

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

### 1.2. Essai 1

Deux cent quatre-vingt-huit poulettes IsaBrown de 18 semaines d'âge provenant d'un élevage

commercial (Gouessant, France) ont été réparties aléatoirement dans 96 cages (3 poules par cage) d'un bâtiment expérimental de NEOVIA (Montfaucon, France). La température et la ventilation ainsi que le programme lumineux (16 h de lumière/jour) ont été contrôlés quotidiennement. A 18 semaines, 4 aliments expérimentaux iso-énergétiques (2700Kcal/kg) et de niveaux équivalents en lysine digestible, méthionine, tryptophane, thréonine ont été formulés avec une teneur croissante en Ptdig : 12; 13; 14 et 15% de Ptdig (Tableau 1).

Ils ont été distribués de 18 à 32 semaines d'âge à raison de deux repas par jour. Le schéma expérimental est résumé par 4 traitements et 24 répétitions. Les consommations d'aliment ont été mesurées chaque semaine. Les poules ont été pesées à 18 et 32 semaines d'âge. Le nombre d'œufs, le poids moyen des œufs et le nombre d'œufs déclassés (sales, cassés et anormaux) a été relevé chaque semaine. L'analyse de données a été réalisée entre 22 et 32 semaines pour limiter la variabilité induite par la montée en ponte.

### 1.3. Essai 2

Dans cet essai, 1440 poulettes IsaBrown de 18 semaines d'âge provenant d'un élevage commercial (Gouessant, France) ont été réparties aléatoirement dans 72 cages (20 poules par cage) d'un bâtiment expérimental de NEOVIA (Montfaucon, France). Les conditions d'élevage étaient similaires à celles de l'essai 1. A 18 semaines, toutes les poulettes ont reçues un aliment commun jusqu'à 26 semaines d'âge puis les 4 mêmes aliments, utilisés dans l'essai 1, ont été distribués aux poules jusqu'à 36 semaines d'âge. Le schéma expérimental est donc de 4 traitements et 18 répétitions. Les consommations ont été mesurées chaque semaine ainsi que le nombre d'œufs pondus, le poids moyen des œufs et le nombre d'œufs déclassés (sales, cassés et anormaux).

### 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).

### 1.5. Analyses Statistiques

Les données de consommation, de poids vif, de poids d'œuf, de taux de ponte, d'indice de consommation ont été analysées 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. Les critères de qualité des œufs (taux d'œuf sales, cassés ou anormaux) ont subi une transformation Arcsinus racine-carrée

avant l'ANOVA. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statview 5.0 (SAS Institute, USA).

## 2. RESULTATS

### 2.1. Analyses d'aliments

L'un des aliments (13% de Ptdig soit 15,3% de protéine total attendu) a présenté, à l'analyse, une teneur en protéine totale supérieure de 16,1%. Tous les autres étaient conformes. N'ayant pas effectué d'analyse complémentaire des principaux acides aminés essentiels, ce traitement est retiré des deux essais.

### 2.2. Résultats avant le pic de ponte (essai 1)

La consommation des poules nourries avec l'aliment à 14% de Ptdig a été augmentée de près de 3 g/jour en comparaison de celle nourries avec l'aliment à 12% de Ptdig (Tableau 2). Le taux de ponte (TP) n'a pas été affecté significativement par la teneur en Ptdig de l'aliment mais le poids des œufs (PO) a été augmenté de 2,9 g (soit +5%) entre 12 et 15% de Ptdig. Dans le même intervalle, la masse d'œuf produite (MO) a été augmentée de 1 g/jour. L'indice de consommation (IC) n'a pas été modifié significativement par la teneur en Ptdig de l'aliment. Le poids vif de poules nourries avec l'aliment à 15% de Ptdig est 100 g plus élevé que les autres traitements. La qualité des œufs n'a pas été modifiée par la teneur en Ptdig de l'aliment.

### 2.3. Résultats après le pic de ponte (essai 2)

A 12% de Ptdig, la consommation d'aliment est significativement réduite de 1,7g/jour tout comme le TP (-0,7%, cf. Tableau 3). Le PO est augmenté de 1g entre 12 et 14% et entre 14 et 15% de Ptdig. La MO progresse de 1,6 g/jour entre 12 et 14% de Ptdig et de 1g/jour entre 14 et 15% de Ptdig. Entre 12 et 15% de Ptdig, l'IC a été amélioré de près de 3%. La qualité des œufs a été sensiblement impactée par le taux de Ptdig, le taux d'œufs sales (OS) a été augmenté de 0,6% entre 12 et 15% de Ptdig et le taux d'œufs cassés (OC) de 0,3%. Une augmentation du taux d'œufs anormaux (OA) a été mesurée entre 14 et 15% (+0,3%).

## 3. DISCUSSION-CONCLUSION

Dans ces deux essais, et malgré le fait que les deux périodes soient relativement proches, les poules n'ont pas été aussi sensibles à la teneur en protéine du régime. Entre 14% et 12% de Ptdig, avant le pic (essai 1), le TP reste stable alors qu'après le pic (essai 2) une chute de près d'1% est mesurée. Shim et al (2013) ont montré qu'entre 18 et 22 semaines d'âge, la poule répond assez peu au taux protéique

de l'aliment (21 à 17,6% Pttot) mais qu'entre 23 et 36 semaines, l'ingéré et le taux de ponte sont significativement affectés par une baisse de la teneur en protéines. Même si, à partir de nos résultats, cette observation est confirmée il convient de rester prudent quant à l'interprétation de ces deux essais d'autant qu'une transition d'alimentaire été pratiquée à 26 semaines d'âge dans l'essai 2 et on ne peut exclure un arrière effet du précédent aliment. Dans ces deux essais, une teneur en Ptdig de 14% semble intéressante pour le maintien des performances sans dégradation du PV des poules.

L'augmentation du PO et de la MO à niveau de protéine croissant est classique dans la littérature (Salah Uddin et al, 1991 ; Keshavarz et al, 1995 ; Li et al, 2013). Mais dans bon nombre de ces travaux, la teneur en AAE n'est pas maintenue constante et l'effet protéique pourrait être attribué directement à un AAE limitant. A niveau d'AAE constant, Ji et al (2014) ont démontré que la réduction en Ptot en deçà de 16,5% de Ptot affectait significativement le PO. Dans nos essais, la formulation des aliments expérimentaux a respecté les contraintes d'une formulation « de terrain » et seuls les principaux AAE (dont les produits de synthèse sont disponibles) ont été maintenus constants. D'après Bregendahl et al (2008) les besoins en isoleucine et valine pour une MO optimisée sont respectivement de 426 et 501 mg/jour. A 12% de protéine digestible dans nos essais les ingérés en isoleucine et valine étaient respectivement de 598 et 641 mg/jour soit nettement au-dessus des recommandations. Si ces deux AAE semblent hors de cause nous ne pouvons toutefois pas négliger les autres AAE non maîtrisés dans les formules.

La qualité des œufs n'est pas impactée par le niveau protéique de la ration dans l'essai 1 mais elle est significativement dégradée par les taux protéiques élevés dans l'essai 2 (>14% Ptdig). Entre 12 et 15% de Ptdig, c'est une augmentation de 42% des œufs anormaux, de 37% des œufs cassés et de 16% des œufs sales qui a été mesurée. Une attention particulière doit être portée à ces critères qualitatifs même si cet effet n'est pas toujours constaté dans la littérature (Pérez-Bonilla et al, 2012).

En conclusion, les travaux de Li et al (2013), sur des poules Lohmann Brown de 26 semaines, ont démontré que les recommandations en protéine pour l'optimisation des paramètres de production (IC, MO et PO) se situent entre 15,6% à 16,6% de Pttot (soit environ 13 à 14% de Ptdig). Nos deux essais confirment ces valeurs pour la poule IsaBrown toutefois le choix d'un taux protéique élevé, même s'il améliore la MO, le PO et l'IC doit être pondéré par la dégradation de la qualité de l'œuf au-delà de 14% de Ptdig.

## 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.  
 Bregendahl K., Roberts S.A., Kerr B., Hoehler D., 2008. Poult. Sci., (87), 744-758.  
 Keshavarz K. et Nakajima S., 1995. Poult. Sci. (74), 50-61.  
 IsaBrown Nutritional Guide:  
<http://www.isapoultry.com/~media/Files/ISA/Different%20languages/French/Products/ISA/ISA%20Brown/Guide%20nutritionnel%20pour%20les%20commerciales%20ISA%20brown.pdf>  
 Ji F., Fu S.Y., Ren B., Wu S.G., Zhang H.J., Yue H.Y., Gao J., Helmbrecht A., Qi G.H., 2014. J. Appl. Poult. Res. (23), 384-392.  
 Li F., Zhang L.M., Wu X.H., Li C.Y., Yang X.J., Dong Y., Lemme A., Han J.C., Yao J.H., 2013. J. Appl. Poult. Res. (22), 36-46.  
 NRC, 1994. In : 9 th rev. Ed. Natl. Acad. Press, Washington DC.  
 Pérez-Bonilla A., Jabbour C., Frikha M., Mirzaie S., Garcia J., Mateos G.G., 2012. Poult. Sci. (91), 1400-1405.  
 Pesti G.M., 1991. Poult. Sci. (70), 103-114.  
 Salah Uddin M. Tareque A.M.M., Howlader M.A.R., Jasimuddin Khan M., 1991. Asian-Aus. J. Anim. Sci. (4), 399-405  
 Shim M.Y., Song E., Billard L., Aggrey S.E., Pesti G.M., Sodsee P., 2013. Poult. Sci. (92), 2687-2696.

**Tableau 1 :** Composition et caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

Aliment		12%	14%	15%
Blé	%	30,0	30,0	30,0
Maïs	%	43,8	37,3	32,5
Maïs DDGS				2,60
Gluten de Maïs	%			0,50
Soja Huile	%	0,70	1,40	1,70
Tourteaux de colza deshuilé	%	1,30		
Tourteaux de Soja 48	%	13,5	21,0	22,5
Carbonate de Calcium	%	6,56	6,55	6,62
Phosphate Bicalcique	%	1,56	1,54	1,43
L-Lysine 78	%	0,26	0,06	
DL-Méthionine	%	0,22	0,18	0,16
L-Thréonine	%	0,09		
L-Tryptophane	%	0,02		
COV	%	2,00	2,00	2,00
Principale Caractéristiques calculées				
Energie Volaille (EM)	Kcal/kg	2700	2700	2700
Protéine Brute	%	14,1	16,4	17,7
<b>Protéine Digestible calculée</b>	<b>%</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Lysine dig	%	0,74	0,74	0,74
Méthionine dig	%	0,41	0,41	0,41
Mét+Cys dig	%	0,64	0,64	0,64
Thréonine dig	%	0,52	0,52	0,52
Tryptophane dig	%	0,15	0,15	0,15
Valine dig	%	0,56	0,67	0,73
Isoleucine dig	%	0,52	0,65	0,71

**Tableau 2** : Effet de la teneur en protéine totale (%) ou digestible (%) sur les paramètres de ponte et la qualité des œufs entre 22 et 32 semaines d'âge (essai 1)

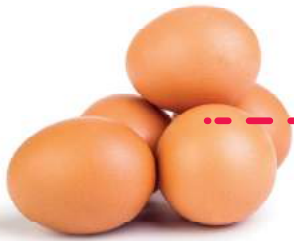
Protéine Digestible <sup>1</sup>	Consommation d'aliment (g/jour)		Taux de Ponte (%)		Poids des Œufs (g)		Masse d'Œufs (g/jour)		IC		Œufs Sales (%)	Œufs Cassés (%)	Œufs Anormaux (%)	Poids vif 18 sem (kg)		Poids vif 32 sem (kg)	
	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM				Moy	SEM	Moy	SEM
12%	114,6 <sup>b</sup>	0,40	97,1	0,40	56,8 <sup>c</sup>	0,16	55,1 <sup>b</sup>	0,27	2,093	0,01	2,31	0,38	1,13	1,397	0,10	1,750 <sup>b</sup>	0,12
14%	117,7 <sup>a</sup>	0,39	97,1	0,38	58,8 <sup>b</sup>	0,20	57,1 <sup>a</sup>	0,28	2,072	0,01	2,81	0,45	1,01	1,333	0,08	1,736 <sup>b</sup>	0,11
15%	117,5 <sup>a</sup>	0,52	95,7	0,55	59,7 <sup>a</sup>	0,20	57,2 <sup>a</sup>	0,38	2,078	0,02	2,68	0,39	1,01	1,396	0,10	1,841 <sup>a</sup>	0,14
Statistique	P<0,001		NS		P<0,001		P<0,001		NS		NS	NS	NS	NS		P<0,05	

<sup>1</sup>Après correction de la protéine totale d'un coefficient de digestibilité estimé par aliment selon la matrice INZO.  
Les moyennes par colonnes ayant un exposant différent sont statistiquement différent au seuil de P<0,05

**Tableau 3** : Effet de la teneur en protéine totale (%) ou digestible (%) sur les paramètres de ponte et la qualité des œufs entre 26 et 36 semaines d'âge (essai 2)

Protéine Digestible <sup>2</sup>	Consommation d'aliment (g/jour)		Taux de Ponte (%)		Poids des Œufs (g)		Masse Œuf Produite (g/jour)		IC		Œufs Sales (%)	Œufs Cassés (%)	Œufs Anormaux (%)
	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM			
12%	117,9 <sup>b</sup>	0,31	95,9 <sup>b</sup>	0,22	59,4 <sup>c</sup>	0,09	57,0 <sup>c</sup>	0,15	2,070 <sup>a</sup>	0,005	3,46 <sup>b</sup>	0,88 <sup>b</sup>	0,86 <sup>b</sup>
14%	119,8 <sup>a</sup>	0,33	96,9 <sup>a</sup>	0,18	60,5 <sup>b</sup>	0,08	58,6 <sup>b</sup>	0,13	2,045 <sup>b</sup>	0,005	3,31 <sup>ab</sup>	1,47 <sup>a</sup>	0,90 <sup>b</sup>
15%	119,7 <sup>a</sup>	0,34	96,7 <sup>a</sup>	0,19	61,5 <sup>a</sup>	0,09	59,5 <sup>a</sup>	0,15	2,012 <sup>c</sup>	0,005	4,04 <sup>a</sup>	1,21 <sup>a</sup>	1,22 <sup>a</sup>
Statistique	P<0,01		P<0,01		P<0,001		P<0,001		P<0,001		P<0,05	P<0,001	P<0,01

<sup>1</sup>Après analyse, <sup>2</sup>après correction de la protéine totale d'un coefficient de digestibilité estimé par aliment selon la matrice INZO.  
Les moyennes par colonnes ayant un exposant différent sont statistiquement différent au seuil de P<0,05



# Effet du nutriment « protéine digestible » sur les performances de ponte et la qualité des oeufs

L. ROFFIDAL<sup>1</sup>, M. QUENTIN<sup>1</sup>, L. JEAY<sup>2</sup>, C. MARGETYAL<sup>2</sup>, C. GUÉRINI<sup>1</sup>, E. LAFFITTE<sup>1</sup>, C. LAUNAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INZO<sup>®</sup>, 1 rue de la Marébaudière, BP 96669, 35766 SAINT-GREGOIRE - <sup>2</sup> NEOVIA, Site de Chierry, Rue de l'Eglise, CS 90019, 02402 CHATEAU-THIERRY

## Objectifs

L'originalité du nutriment "protéine digestible" (Ptdig) tient au fait qu'il prend en compte la digestibilité spécifique de la protéine de chacune des matières premières d'un aliment. Il constitue un prédicteur pertinent de la protéine potentiellement disponible pour la performance.

Ce travail compile deux essais autour du pic de ponte qui mesurent les effets d'une augmentation de la teneur en Ptdig sur le calibre, la qualité des œufs ainsi que les performances du début de cycle.

## Matériel et Méthodes

Les deux essais ont été réalisés au centre de recherche zootechnique de Montfaucon (CRZA : NEOVIA, France).

**Essai 1 :** 298 poules ISA Brown ont été réparties dans 96 cages. Les 4 aliments expérimentaux ont été distribués dès 18 semaines d'âge (24 répétitions par aliment). Seule la période 22 à 32 semaines a été considérée pour l'analyse afin de limiter la variabilité induite par la montée en ponte.

**Essai 2 :** 1440 poulettes ISA Brown ont été réparties dans 72 cages (18 cages par aliment). A 26 semaines d'âge les 4 aliments expérimentaux ont été distribués jusqu'à 36 semaines d'âge.

L'ensemble des paramètres zootechniques et de qualité des œufs ont été mesurés chaque semaine.

**Aliments :** les 4 aliments sont communs aux deux essais. Ils ont été formulés à 12 % (14,1 %); 13 % (15,3 %); 14 % (16,4 %) et 15 % (17,7 %) de Ptdig (protéine totale). Ils étaient iso-énergétiques (EM = 2700 kcal/kg). Les principaux acides aminés essentiels ont été maintenus constants (lysine dig = 0,74 %, méthionine dig = 0,41 %, thréonine dig = 0,52 % et tryptophane dig = 0,15 %). L'un des 4 aliments étant non conforme à l'analyse (13 % Ptdig), il n'a pas été conservé pour l'essai.

Graphique 1 :

Relation entre la teneur en protéine digestible de l'aliment et le poids moyen des œufs entre 22 et 32 semaines d'âge (essai 1) et 26 et 36 semaines d'âge (essai 2)

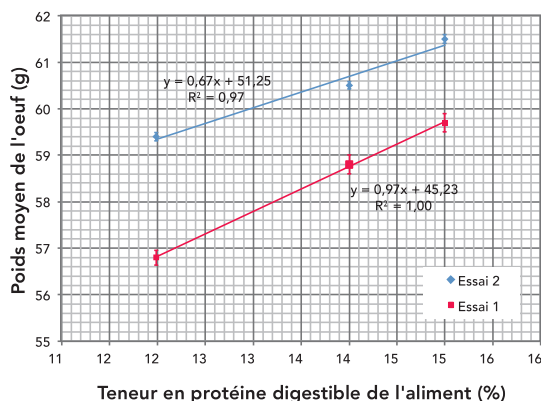


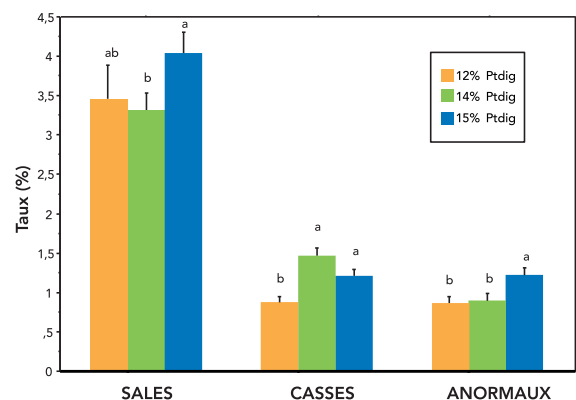
Tableau 1 :

Résumé des performances de ponte des essais 1 (pré-pic) et 2 (post-pic) en réponse à la teneur en protéine digestible de l'aliment

	Ptdig	Consommation (g/jour)		Tx Ponte (%)		MOP (g/jour)		IC	
		Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM	Moy	SEM
Essai 1 : 22 à 32 semaines	12 %	114,6 <sup>b</sup>	0,40	97,1	0,40	55,1 <sup>c</sup>	0,27	2,093	0,014
	14 %	117,7 <sup>a</sup>	0,39	97,1	0,38	57,1 <sup>a</sup>	0,28	2,072	0,010
	15 %	117,5 <sup>a</sup>	0,52	95,7	0,55	57,2 <sup>a</sup>	0,38	2,078	0,016
	ANOVA	P < 0,001		P = 0,14		P < 0,001		NS	
Essai 2 : 26 à 36 semaines	12 %	117,9 <sup>b</sup>	0,31	95,9 <sup>b</sup>	0,22	57,0 <sup>c</sup>	0,15	2,070 <sup>a</sup>	0,005
	14 %	119,8 <sup>a</sup>	0,33	96,9 <sup>a</sup>	0,18	58,6 <sup>b</sup>	0,13	2,045 <sup>b</sup>	0,005
	15 %	119,7 <sup>a</sup>	0,34	96,7 <sup>a</sup>	0,19	59,5 <sup>a</sup>	0,15	2,012 <sup>c</sup>	0,005

Graphique 2 :

Proportion d'œufs sales, cassés ou anormaux pondus entre 26 et 36 semaines d'âge (essai 2)



## Résultats

• Dans les deux essais, la consommation est significativement réduite en dessous de 14 % de Ptdig (tableau 1).

• Selon la période, les poules n'ont pas été aussi sensibles à la teneur en Ptdig du régime. Avant le pic (essai 1), entre 14 % et 12 % de Ptdig, le taux de ponte est resté stable alors qu'une chute de près d'1 % a été mesurée après le pic (essai 2).

• Dans les deux essais, le poids d'œufs est très bien corrélé à la teneur en Ptdig (graphique 1). La réponse semble plus sensible avant le pic de ponte : pente de 0,97 g de gain de poids d'œuf pour 1 % de Ptdig ; qu'après le pic : pente de 0,67 g de gain de poids d'œuf pour 1 % de Ptdig.

• La qualité des œufs est significativement impactée par la teneur en Ptdig après le pic de ponte (essai 2) mais pas avant. Le taux d'œufs sales ou anormaux augmente significativement à 15 % de ptdig par rapport à 14 % de Ptdig (graphique 2).

## Conclusion

Autour du pic de ponte, la réponse de la poule ISA Brown à une augmentation de la teneur en protéine digestible est une augmentation de la ponte, de la masse d'œuf et une amélioration de l'indice de consommation. Ces résultats illustrent que le choix de la bonne recommandation est un subtil équilibre entre la performance, l'objectif de poids d'œuf mais aussi sa qualité. A des taux supérieur à 14 % de protéine digestible la qualité des œufs est sensiblement dégradée.

## DETERMINATION DU BESOIN EN PROTEINES DU CANARD MULARD EN PHASE DE FINITION : EFFET SUR LA CROISSANCE ET LA PRODUCTION DE FOIE GRAS

**Pertusa Marion<sup>1</sup>, Bernadet Marie-Dominique<sup>2</sup>, Marie Laborde<sup>1</sup>, Godfrain Bastien<sup>1</sup>, Baéza Elisabeth<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>ITAVI -antenne de Mont-de-Marsan, 55 avenue de Cronstadt, 40000 MONT DE MARSAN

<sup>2</sup>INRA UEPFG, 1076 Route de Haut Mauco, 40280 BENQUET

<sup>3</sup>INRA, URA, 37380 NOUZILLY

pertusa@itavi.asso.fr

### RÉSUMÉ

Les besoins en protéines du canard mulard étaient jusqu'alors basés sur ceux du canard de Barbarie. Des études récentes ont déjà permis de préciser ces éléments pour la canette mulard à rôti. Des données nécessitent d'être obtenues pour le canard mulard à foie gras. En effet, la durée d'élevage plus longue (12 vs. 10 semaines pour la canette mulard) et la pratique d'un rationnement alimentaire avant la mise en gavage (8 à 12 semaines) sont des éléments à prendre en compte pour ajuster l'estimation des besoins en protéines du canard mulard. L'objectif de l'étude est de déterminer le niveau protéique en phase de finition permettant d'optimiser le développement musculaire et l'Indice de Consommation (IC). Au total, 660 canards mulards ont été élevés, répartis en 5 traitements répétés 6 fois chacun. A l'exception du lot témoin, tous les canards ont consommé le même aliment démarrage (0 à 3,5 semaines, 22,5% Protéines Brutes) et le même aliment croissance (3,5 à 8 semaines, 15% PB). En phase de finition (8 à 12 semaines), 4 niveaux de protéines ont été testés : 12, 14, 16 et 18%. Les ratios acides aminés indispensables/lysine, lysine/protéines ainsi que les niveaux d'énergie (2900 kcal EM/kg) étaient identiques pour tous les régimes expérimentaux sauf pour le lot témoin, conduit avec un programme alimentaire utilisé actuellement par les éleveurs durant toute la période d'élevage (14,5% PB et 2700 EM kcal/kg en finition). En comparaison avec les autres lots, celui à 12% de protéines présente des performances de croissance dégradées (Gain Moyen Quotidien dégradé de 5,79 g/jour) et un développement moindre des muscles pectoraux. Les lots à 16 et 18% de protéines présentent les meilleurs IC en période de finition et les poids de foie gras les plus élevés. Cet essai, conduit en conditions expérimentales devra être validé en conditions terrain pour confirmer la recommandation d'un taux de 16% de PB dans l'aliment finition.

### ABSTRACT

**Determination of protein requirement for mule duck during the finishing period: effects on growing performance and fatty liver production**

The protein requirements of mule duck for growth have been derived from protein requirements measured in the Muscovy duck. Recent studies, allowed to precise these requirements for mule female duck used for meat production. For male mule ducks used for fatty liver production, it is necessary to investigate protein requirements for the finishing period. Yet, the rearing period is longer (12 vs. 10 weeks for the female mule duck) and male ducks are feed restricted before the overfeeding period (8 to 12 weeks). The aim of the study was to determine the dietary protein level allowing optimizing muscle development and feed conversion ratio (FCR). A total of 660 mule ducks were reared and distributed into 5 groups (6 pens per group). All ducks received the same starting (0 to 3.5 weeks, 22.5% Crude Protein) and growing (3.5 to 8 weeks, 15% CP) diets except the control group. During the finishing period (8 to 12 weeks), 4 protein levels were tested: 12, 14, 16 and 18%. The ratios essential amino acids/lysine, lysine/crude protein and metabolisable energy (2900 kcal/kg) were the same for all experimental diets except the control group which was fed with diets now used by farmers (14.5% CP and 2700 kcal ME/kg). The finishing diet providing 12% CP decreased growth performance (-5.79 g/day for Average Daily Gain) and a lower breast muscle development by comparison with the other groups. The groups fed diets providing 16 and 18% CP had the lowest Food Conversion Ratio for the finishing period and highest weight of fatty liver. This trial realized under experimental conditions must be validated under farming conditions to confirm the recommendation of 16% CP in finishing diet.

## INTRODUCTION

Le canard mulard mâle, hybride infertile, issu d'un croisement entre le canard de Barbarie et une cane commune, est élevé en France principalement pour la production de foie gras, même si la carcasse est aussi valorisée (Marie-Etancelin *et al.*, 2006). Jusqu'alors, les besoins en protéines du canard mulard étaient estimés en fonction de ceux du canard de Barbarie. Ils sont considérés aux alentours de 15% de l'aliment entre 4 et 6 semaines, ils s'abaissent par la suite, pour être de l'ordre de 13% après 8 semaines (Leclercq et De Carville, 1975). Ne s'agissant pas des mêmes espèces, les courbes de croissance diffèrent. Le développement du canard mulard est plus précoce que celui du Barbarie (écart de poids de 336 g à 12 semaines ; Guy *et al.*, 1995). Afin d'optimiser l'utilisation des aliments, tout en limitant les rejets d'azote dans l'environnement, il semble alors important de définir les besoins spécifiques du canard mulard à foie gras. Des études plus récentes ont estimé les besoins en protéines chez la canette mulard. Ceux-ci sont estimés à 23,2% de l'aliment entre 0 et 3 semaines, période de démarrage (Baéza *et al.*, 2007), à 15% entre 4 et 7 semaines, période de croissance (Baéza *et al.*, 2009), et à 13,8% entre 8 et 10 semaines, en période de finition (Baéza *et al.*, 2011). Par ailleurs, étant donné le faible dimorphisme sexuel sur le poids vif entre mâle et femelle mulard (Brun *et al.*, 2005), ces données servent aussi de base à l'estimation des besoins en protéines chez le mulard mâle. Toutefois, la durée d'élevage plus longue ainsi que la pratique d'un rationnement alimentaire entre 8 et 12 semaines avant la mise en gavage, sont des éléments à considérer pour affiner au mieux l'estimation des besoins en protéines pour le canard mulard à foie gras.

Cette étude a donc pour objectif d'étudier l'effet de différents taux de protéines, en période de finition, sur les performances zootechniques et les rejets azotés du canard mulard.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et élevage

Au total, 660 canards mulards mâles (MMG\*PKL) ont été élevés après avoir été débécqués et vaccinés contre la maladie de Derzsy au couvoir. A leur arrivée sur l'élevage, les animaux ont été bagués individuellement et 100 d'entre eux ont été pesés. Les canetons ont été répartis dans 30 demi-loges, comprenant chacune 22 canetons. Une fois les animaux répartis dans les différents lots, l'homogénéité des poids dans les demi-loges a été vérifiée. Au démarrage, la température du bâtiment était comprise entre 26 et 27°C. Elle a été progressivement diminuée jusqu'à atteindre la température constante de 18°C, à partir de la 3<sup>ème</sup> semaine. Un rappel de vaccin contre la maladie de Derzsy a été réalisé à 3,5 semaines. Après 12

semaines d'élevage, 384 canards, représentatifs des différents lots, ont été mis en gavage.

### 1.2. Traitements expérimentaux

La composition chimique et la composition en matières premières de chacun des aliments distribués est présentée dans le Tableau 1. Ces données sont issues des valeurs théoriques de formulation. Les lots expérimentaux ont été confrontés à une conduite alimentaire utilisée actuellement par les éleveurs (lot témoin).

**Pendant la phase de démarrage (0-3,5 semaines)**, les canetons du lot témoin ont reçu un aliment démarrage à 22,5% PB et 2800 kcal EM/kg durant les 3 premiers jours d'élevage, puis sont nourris avec un aliment démarrage à 17,5% PB et 2800 kcal EM/kg. Les canetons des lots expérimentaux ont, quant à eux, reçu un aliment démarrage titrant à 20,5% PB et 2900 kcal EM/kg pour suivre les recommandations de Baéza *et al.* (2007). Ces aliments, sous forme de miettes, sont distribués *ad libitum*.

**Pendant la phase de croissance (3,5-8 semaines)**, les canards du lot témoin ont reçu un aliment à 15,5% de PB et 2700 kcal EM/kg contre 15% PB et 2900 kcal EM/kg pour les animaux des lots essais pour suivre les recommandations de Baéza *et al.* (2009). L'aliment est distribué *ad libitum*.

**Pendant la phase de finition (8-12 semaines)**, un aliment à 14,5% PB et 2700 kcal EM/kg est distribué aux canards du lot témoin.

Les animaux des lots essais sont nourris avec des aliments de même composition de base (ratios AA indispensables/lysine, lysine/protéines et teneur en énergie identiques pour chaque formule soit 2900 kcal EM/kg) mais avec des taux de protéines variables : 12, 14, 16 et 18%. C'est donc l'ensemble des acides aminés qui fluctue mais le profil en acides aminés essentiels reste constant.

A partir de la 8<sup>ème</sup> semaine, un rationnement horaire est pratiqué jusqu'à la mise en gavage avec une distribution *ad libitum* pendant 1 heure par jour.

Les animaux sont ensuite gavés avec un mélange de maïs grains et de farine, identique pour l'ensemble des traitements, pendant 21 repas.

### 1.3. Mesures

#### *Suivi de la croissance*

Une pesée individuelle de l'ensemble des canards a été réalisée à 3,5 ; 6 ; 8 ; 10 et 12 semaines après une mise à jeun préalable de 5 heures.

#### *Suivi du lot en élevage*

Chaque jour, les quantités d'aliment distribuées sont comptabilisées. Au début et la fin de chaque transition alimentaire, les refus sont pesés. Le nombre et le poids des morts sont enregistrés chaque jour.

#### *Données abattage-dissection (phase élevage)*

A 8 et 12 semaines, respectivement 6 et 24 canards, représentatifs du lot, sont abattus et disséqués. A la dissection, le poids ressué, le poids de foie, des cuisses-pilons avec la peau, des filets, des aiguillettes et du gras abdominal sont mesurés.

#### **Analyse des déjections**

Durant la dernière semaine d'élevage, 200 g de déjection par parquet ont été récupérés afin de déterminer la teneur en azote total dans les différents lots. Un pool a été réalisé par modalité, afin d'obtenir une valeur moyenne par traitement.

#### **Suivi du lot en gavage**

La mortalité et la qualité de la digestion (notation des repas sautés et des demi-doses distribuées) ont été notées pendant le gavage. 384 canards ont été gavés et abattus sur la station expérimentale. Les poids ressués et les poids de foies ont été notés pour l'ensemble des canards. Les poids des cuisses-pilons avec la peau, des filets, des aiguillettes et du gras abdominal ont été enregistrés pour 208 canards. Le taux de fonte des foies des canards disséqués a été calculé en fonction du rapport entre le poids de foie cuit sans la graisse exsudée sur le poids de foie cru.

#### **1.4. Analyses statistiques**

Les analyses statistiques sont faites à partir du logiciel StatView® (version 5.0). Les différences significatives entre les groupes expérimentaux sont déterminées par ANOVA ( $P < 0,05$ ) avec pour unité expérimentale, la demi-loge. Pour la mortalité, les différences significatives sont identifiées par le test du Khi2 ( $P < 0,05$ ).

## **2. RESULTATS ET DISCUSSION**

### **2.1. Période d'élevage**

Le taux de protéines n'a pas d'effet sur le poids des canards à 8 semaines d'âge (Tableau 2). Toutefois, le Gain Moyen Quotidien (GMQ) entre 8 et 12 semaines est significativement plus faible pour le lot à 12% de protéines en période de finition, par comparaison avec le lot témoin et les lots à 16 et 18% de PB (-5,8 g/jour,  $P < 0,05$ ; Tableau 2). La consommation d'aliment ne variant pas entre les lots, on constate une meilleure valorisation de l'aliment sur toute la période de finition pour les canards nourris avec les aliments présentant les teneurs élevées en protéines (16 et 18%) (- 0,19 point par comparaison avec le lot à 12% PB,  $P < 0,05$ ; Tableau 2). La mortalité reste faible pour l'ensemble des lots et n'est pas significativement différente entre les traitements.

### **2.2. Composition corporelle à 8 et 12 semaines**

A 8 semaines, il n'y a pas de différence significative entre traitements pour la composition corporelle. L'homogénéité des lots est ainsi validée. A 12 semaines, en rapport avec les poids vifs similaires, les poids des parties anatomiques ne diffèrent pas entre

traitements. Seul le poids du muscle du filet des canards nourris avec l'aliment à 12% PB est significativement plus faible que ceux des lots à 14,5 et 16% PB (-23 g,  $P < 0,05$ ).

### **2.3. Résultats en gavage**

Au global, tous les lots se sont bien comportés en gavage et les consommations de maïs sont homogènes entre lots (Tableau 3). Au total 10 canards sont morts. On dénombre 4 morts pour le lot à 18% PB alors qu'il n'y en a pas pour le lot à 14% PB. Toutefois, l'interprétation de ce résultat reste compliquée au vu du faible effectif d'animaux par traitement.

### **2.4. Dissection anatomique phase gavage**

Les poids de foie des canards du lot à 18% PB sont significativement supérieurs à ceux des lots témoin et 12% PB (+ 37,1 g,  $P < 0,05$ ). Les canards du lot témoin ont les plus faibles poids de foies gras, probablement du fait d'une quantité d'énergie dans la ration, plus faible pour l'aliment commercial. Les poids des foies des lots expérimentaux augmentent avec la teneur en protéines de la ration. Un effet comparable a été démontré dans l'étude de Robin *et al.*, (2002), qui a constaté un écart de 20 grammes de poids de foie en faveur du lot alimenté avec une ration riche en protéines (17% vs. 15 et 13%), en période estivale. Par ailleurs, il n'y a pas de différence significative entre lots pour le taux de fonte.

Pour les autres parties du canard, seuls les poids de muscles de filet et d'aiguillettes diffèrent en fonction des traitements. Concernant le poids du filet, ceux-ci sont peu modifiés par rapport aux résultats mis en évidence à 12 semaines. On constate la même tendance, avec des poids significativement supérieurs pour les lots témoin et à 16% de PB ( $P < 0,05$ ). Pour les aiguillettes, on observe les poids les plus élevés pour les lots avec les plus forts taux de protéines (14, 16 et 18%; Tableau 3).

Notre étude complète celles de Robin *et al.* (2002, 2002a; 2002b, 2004), qui ont analysé les effets de la réduction de la teneur en protéines de l'aliment ainsi que les variations d'apports en lysine et méthionine sur le canard mulard en phase de croissance.

### **2.5. Teneur en azote des déjections**

Contrairement à ce qui pouvait être attendu au regard des publications de Robin *et al.*, (2002) et de Baéza *et al.*, (2009 et 2011), la teneur en azote des déjections ne fluctue pas de façon linéaire en fonction des teneurs en PB des aliments (Figure 1). Cette distorsion de résultat pourrait s'expliquer par le fait que dans notre étude, la quantité journalière d'aliment était consommée en 1 h et la collecte des fientes a été réalisée entre 0 et 5 heures après le repas.

## **CONCLUSIONS**

Ces éléments mettent en évidence des performances dégradées pour le lot nourri avec le plus faible taux de



protéines en phase de finition. Les canards issus des lots à 16 et 18% de PB présentent les meilleurs indices de consommation en période de finition et les poids de foies les plus élevés à l'issue du gavage, sans différence significative de qualité par rapport aux autres lots. Au vu des considérations techniques et économiques, une recommandation de 16% de PB en phase de finition semble être un optimal à valider. Concernant les aspects environnementaux, les résultats obtenus ne peuvent amener une conclusion

probante. Les résultats de cet essai, réalisé en conditions expérimentales, devront être confirmés par un essai en conditions terrain.

## REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés sur le site d'Artiguères dans le cadre du GIS Palmipôle et ont bénéficié du soutien financier du CASDAR ECOFOG, du CIFO, du FEDER et du conseil régional.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baéza E., Bernadet MD., Guy G., Lessire M., Carré B., 2007. 7èmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo (France), 28-29/03/07 : 164-168.
- Baéza E., Bernadet MD., Guy G., Lessire M., Carré B., 2009. 8èmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo (France), 25-26/03/09 : 278-282.
- Baéza E., Carrière M., Bernadet MD., Guy G., Lessire M., 2011. 9èmes Journées de la Recherche Avicole, Tours (France), 29-30/03/11 : 360-365.
- Brun JM., Richard MM., Marie-Etancelin C., Rouvier R., Larzul C., 2005. INRA Productions Animales, 18 (5), 295-308.
- Guy G., Rousselot-Pailley D., Gourichon D., 1995. Annales Zootechniques 44, 297-305.
- Leclercq B., De Carville H., 1975. Ann. Zootech., 24 (2) : 217-227.
- Marie-Etancelin C., Larzul C., Mialon-Richard MM., Brun JM., 2006. 7èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Arcachon (France), 18-19/10/06 : 9-13.
- Robin N., Castaing J., 2002. 5èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Pau (France), 9-10/10/02 : 110-113.
- Robin N., Peyhorgue A., Castaing J., 2002a. 5èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Pau (France), 29-30/03/11 : 102-105.
- Robin N., Larroude P., Castaing J., 2002b. 5èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Pau (France), 9-10/10/02 : 106-109.
- Robin N., Larroude P., Cambeilh D., Skiba F., 2004. 6èmes Journées de la Recherche sur les Palmipèdes à Foie Gras, Arcachon (France), 7-8/10/04 : 167-170.

**Tableau 1.** Nutriments (en g/kg) et composition en matières premières (en %) des aliments expérimentaux.

Période	DEMARRAGE		CROISSANCE		FINITION				
	0-3,5 semaines		3,5-8 semaines		8-12 semaines				
	Témoin	Essai	Témoin	Essai	Témoin	12 %	14%	16%	18%
EM (kcal/kg)	2800	2900	2700	2900	2700	2900	2900	2900	2900
Protéines Brutes	175,00	202,14	155,00	150,00	145,00	120,00	140,00	160,00	180,00
Lysine	9,10	9,50	7,40	7,50	7,20	6,00	7,00	8,00	9,01
Méthionine + Cystine	8,50	8,47	7,35	6,30	7,20	4,80	5,40	6,10	6,88
Tryptophane	-	2,52	-	1,73	-	1,37	1,66	1,95	2,29
Thréonine	-	7,76	-	5,70	-	4,32	5,15	5,98	6,68
Isoleucine	-	8,50	-	6,06	-	4,51	5,48	6,46	7,33
Valine	-	9,73	-	7,46	-	5,78	6,79	7,87	8,67
Arginine	-	12,94	-	9,23	-	7,40	8,80	10,10	11,31
Calcium	10,50	9,04	9,50	9,03	7,50	6,51	6,49	6,46	6,03
P disponible	3,60	3,10	3,20	3,11	2,60	3,01	2,98	3,00	3,00
Maïs	41,41	41,15	49,60	51,65	50,96	52,27	47,19	44,79	41,05
Blé	20,00	20,00	15,00	20,00	15,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Tourteau de soja	10,45	21,65	-	2,60	-	3,30	1,95	3,80	4,60
Tourteau de tournesol	8,00	8,00	15,00	14,25	15,00	7,65	15,00	14,95	15,00
Tourteau de colza	7,00	2,00	10,65	7,75	9,80	-	-	1,00	4,65
Son de blé	4,70	-	4,00	-	6,00	9,35	2,50	3,80	-
Co-produit	5,00	4,55	2,90	1,00	1,00	5,40	11,35	9,65	12,75
Carbonate de calcium	1,35	1,20	1,37	1,22	1,07	0,75	0,72	0,70	0,65
Phosphate bicalcique	0,77	0,50	0,42	0,55	0,12	0,40	0,32	0,35	0,32
Prémix	0,68	0,70	0,50	0,54	0,50	0,46	0,40	0,41	0,40
Phytase	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

**Tableau 2.** Effet de la variation du taux de protéines de l'aliment finition sur les performances de croissance en période d'élevage (moyenne, n = 6).

Taux protéique	14.5% (Témoin)	12%	14%	16%	18%	SEM	p-value
Poids J0 (g)	51	51	51	51	51	0.14	NS
Poids 3,5 sem (g)	1317	1293	1287	1303	1305	10.85	NS
Poids 8 sem (g)	3720	3715	3730	3728	3751	17.77	NS
Poids 12 sem (g)	4067	3931	4047	4091	4088	31.06	NS
GMQ 8-12 sem (g)	15,1 a	9,4 b	13,8 ab	15,8 a	14,7 a	0.77	*
GMQ 0-12 sem (g)	49,6	47,9	49,3	49,9	49,8	0.38	NS
Conso. (kg) individuelle 8-12 sem	5,12	4,88	4,96	4,97	4,68	1.77	NS
Conso. (kg) individuelle 0-12 sem	14,85	14,91	14,90	14,73	14,77	3.55	NS
IC 0-12 sem	3,70 ab	3,84 a	3,73 ab	3,64 b	3,66 b	0.13	*
Mortalité (%)	3,0	0,8	0,8	0,8	3,0		NS

NS : non significatif ; \* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$  – Les moyennes affectées d'une lettre différentes sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ )

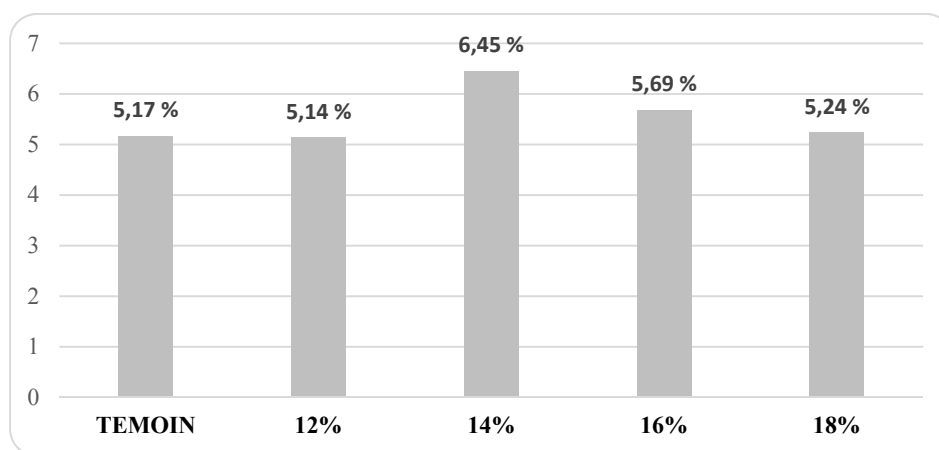
GMQ : Gain Moyen Quotidien ; IC : Indice de Consommation

**Tableau 3.** Effet de la variation du taux de protéines de l'aliment finition sur le développement musculaire, l'état d'engraissement et le poids et la qualité des foies gras de canards mulards à l'âge de 14 semaines (moyenne, n=24).

Taux protéique	14.5% (Témoin)	12%	14%	16%	18%	SEM	p-value
Conso. maïs sec (g/canard)	8217	8167	8272	8207	8262		
Poids vif (g)	5618	5757	5617	5684	5772	38.31	NS
Poids ressué (g)	4693	4814	4709	4759	4827	33.36	NS
Poids foie (g)	461 a	491 ac	506 ab	513 bc	543 b	8.25	*
Gras abdominal (g)	133	144	134	128	143	3.03	NS
Muscle filet (g)	311 b	291 a	302 ab	313 b	304 ab	2.62	*
Peau filet (g)	136	136	134	130	133	2.05	NS
Muscle + peau (g)	447	427	437	443	437	3.87	NS
Cuisse (g)	444	438	436	444	431	4.22	NS
Aiguillette (g)	53 ab	50 a	51 a	55 b	52 ab	0.54	*
Taux de fonte (%)	24	28	27	31	31	1.00	NS

NS : non significatif ; \* :  $p < 0,05$  ; \*\* :  $p < 0,01$  ; \*\*\* :  $p < 0,001$  – Les moyennes affectées d'une lettre différente sont significativement différentes entre elles ( $p < 0,05$ )

Taux de fonte : pourcentage de fonte lipidique du foie

**Figure 1.** Teneur en azote des déjections (%MS) en fonction du taux de protéines de l'aliment finition.

## DEUX STRATEGIES ALIMENTAIRES POUR DIMINUER LA DEPENDANCE PROTEIQUE EN PRODUCTION BIOLOGIQUE DE POULET DE CHAIR

**Brachet Mathilde<sup>1</sup>, Bordeaux Célia<sup>2</sup>, Roinsard Antoine<sup>3</sup>, Juin Hervé<sup>1</sup>, Germain Karine<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>INRA UE EASM – Le Magneraud Saint-Pierre-d'Amilly -17700 SURGERES,

<sup>2</sup>CHAMBRE REGIONALE D'AGRICULTURE – 9 rue André Brouard – 49100 ANGERS

<sup>3</sup>ITAB-149 rue de Bercy-75595 Paris

[mathilde.brachet@inra.fr](mailto:mathilde.brachet@inra.fr)

### RÉSUMÉ

La faible disponibilité en matières premières riches en protéines en production biologique, leur composition nutritionnelle hétérogène ainsi que l'obligation réglementaire d'ici 2018 de passer à une alimentation 100% biologique pour les volailles amène à chercher des alternatives dans l'utilisation des sources de protéines, notamment du soja. Entre 2013 et 2015, 16 lots de 750 poulets de chair (4 bandes de 4 lots conduits en parallèle) ont été menés à l'INRA du Magneraud (17), pour tester deux types de stratégies : l'incorporation de quelques matières premières alternatives (régimes *MPA*) riches en protéines (tourteau de chanvre, de tournesol, ou de colza, concentré protéique de riz, ortie) ou des réductions de la teneur en protéine de l'aliment (régimes *MAT* : jusqu'à -2 points en croissance et de -3 à -6 points en finition). Au total, 6 traitements *MPA*, 8 traitements *MAT* et 2 traitements *Témoin* recevant un aliment classique ont été testés. Les performances des poulets, la consommation et l'évolution du couvert végétal sur le parcours ont été suivies tout au long de l'élevage. Les analyses ont été réalisées intra-bande, l'objectif étant d'avoir un premier aperçu général de ces stratégies sur les paramètres suivis. Les résultats montrent, bien qu'il y ait une variabilité entre régimes, un maintien des performances zootechniques pour les régimes *MPA*. Les animaux recevant les régimes *MAT* semblent moins lourds à J84 par rapport aux régimes *MPA* ou au *Témoin* (-88 g et -124 g en moyenne respectivement). Les animaux ayant reçu les régimes à faible taux de *MAT* semblent présenter un rendement de filet plus faible, un rendement gésier et un taux de gras abdominal plus élevé que les régimes *MPA* ou *Témoin*, et ce d'autant plus que les taux de *MAT* étaient bas en croissance et en finition. Les animaux des régimes *MAT* paraissent valoriser davantage les zones du parcours éloignées du bâtiment par rapport aux autres régimes. Ainsi, d'après ces premiers résultats prospectifs, les *MPA* testées dans ces proportions pourraient présenter des alternatives intéressantes au tourteau de soja tout en maintenant des performances zootechniques similaires. Les régimes à faibles taux de *MAT* s'avèreraient avoir eu un effet négatif sur les performances, mais qui semblerait en partie compensé par la meilleure valorisation du parcours par ces animaux. Une première analyse économique permet de montrer une compensation possible des pertes de performance par un coût plus faible de l'aliment.

### ABSTRACT

#### **Two feeding strategies to decrease proteins dependence of organic poultry production.**

Facing the low availability in protein-rich feedstuffs for organic production, their low nutritional quality and the regulatory obligation to move to a 100% organic poultry feeding by 2018, other protein sources should be used in poultry diets. To test alternative feedstuff, 16 groups of 750 broilers (4\*4 tests on the same period) have been carried out at INRA of Magneraud, in order to compare two different strategies: incorporate some innovative raw materials with high levels of proteins (*IRM*) or reduce the feeding total nitrogenous matter rate (diet *TNM* up to -2 points for growing period (from d28 to d55) and from -3 to -6 points for finishing period (from d56 to d86)). Thus, 6 groups *IRM*, 8 groups *TNM* and 2 control groups with a standard diet have been tested. The aim is to have a global view on few parameters. Despite some variability between diets, animal's performances were maintained for *IRM* diets. Body weight of animal fed *TNM* diets seems to be lower in 84d compared to the one animal fed *IRM* and control diets (respectively means of -88g and -124g respectively). For low proteins rate diets it is noted a lowest fillet weight, a highest gizzard weight and abdominal fat rate than *IRM* and control diets. Animals fed *TNM* diets seem move away from the building zone compared to other diets. Therefore, according to these first results, *IRM* diets may represent interesting alternatives since they maintain corrects performances. Low proteins rates diets have a negative effect on performances, but they are balanced by a better use of outdoor areas and lower price of the diet.

## INTRODUCTION

Le passage en 2018 à une alimentation 100% biologique en aviculture, la faible disponibilité des matières premières (MP) biologiques ainsi que leurs compositions nutritionnelles hétérogènes, amènent à chercher des alternatives dans l'utilisation des sources de protéines, notamment du tourteau de soja afin d'en réduire la dépendance (Bouvarel *et al.*, 2014). Des études ont montré que malgré une variabilité des compositions nutritionnelles, certaines MP (cameline, chanvre, etc.) semblent être des candidats intéressants pour être utilisées comme source de protéines dans l'alimentation des volailles (Juin *et al.*, 2015). De plus, il a été estimé que le poulet pouvait ingérer jusqu'à 10% de MS de l'ingéré journalier en végétaux disponibles sur les parcours (Jurjanz *et al.*, 2011), le parcours semble donc pouvoir être une ressource alimentaire. Dans le cadre du projet CASDAR AviAlimBio, des essais ont été menés à l'INRA dans le but de tester des stratégies alimentaires qui réduiraient la dépendance au tourteau de soja et apporteraient des solutions à un passage à une alimentation 100% biologique. Deux stratégies ont été testées :

- substituer en partie ou en totalité, le tourteau de soja par une ou plusieurs MP alternatives,
- diminuer les apports en protéines dans l'aliment distribué aux animaux et favoriser ainsi l'utilisation du parcours.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

Les essais se sont déroulés sur la plateforme expérimentale AlterAvi de l'INRA du Magneraud (17) certifiée biologique (Germain *et al.*, 2010). Le dispositif comporte 4 bâtiments de 75 m<sup>2</sup> attenants à un parcours arboré carré de 2500 m<sup>2</sup>. Chaque bâtiment contient un lot de 750 poulets non sexés de souche à croissance lente (cou nu noir), fournis par le couvoir Caringa, qui ont accès au parcours à J35 et de façon continue jusqu'à l'abattage à J86.

Quatre bandes, comportant chacune 4 lots, avec une modalité alimentaire différente (**Tableau 1**), conduits en parallèle, se sont succédées entre 2013 et 2015. Le suivi est réalisé de J1 à J84.

Les modalités portent sur :

- l'incorporation de MP alternatives (régimes nommés *MPA*) en substitution du tourteau de soja dans les aliments croissance et finition : 6 lots (régimes *MPA 1* à *6*) sur les bandes 1 et 2. La bande 1 comporte des régimes utilisant du tourteau de chanvre (*MPA 1*), du tourteau de tournesol (*MPA 2*), du tourteau de colza et un concentré protéique de riz (*MPA 3*), et un mélange tourteaux de colza et tournesol (*MPA 4*). La bande 2 comporte un régime avec du tourteau de chanvre (*MPA 5*) et un avec de l'ortie (*MPA 6*).

- la mise en place de régimes économes en protéines (régimes nommés *MAT*) : diminution du taux de MAT en finition ou en croissance et finition avec 8 lots sur les bandes 2, 3 et 4. La bande 2 comporte les régimes avec diminution du taux de MAT en croissance et finition (*MAT 1* et *MAT 2*), avec diminution du taux de soja, de 30 à 100%. Les bandes 3 et 4 comportent 3 régimes *MAT* : diminution du taux de MAT en finition (*MAT 4*) ou en croissance et finition (*MAT 3* et *MAT 5*). *MAT 5* comporte 5 aliments pour assurer une diminution plus progressive du taux de protéines en milieu des périodes de croissance et finition. La bande 4 est une répétition de la bande 3 avec les mêmes stratégies et composition d'aliment.
- Deux lots ont reçu un aliment standard au niveau du taux de MAT (régime « *Témoin* » - bandes 3 et 4), 100% biologique, formulé avec des MP et des taux de protéines et d'énergie couramment utilisés en élevage biologique.

Les régimes (caractéristiques et répartition entre bandes) sont détaillés dans les **Tableaux 1 et 2**.

L'aliment démarrage est distribué jusqu'à 28j, l'aliment croissance de 28 à 55j et l'aliment finition de 56 à 84j.

### 1.2. Données collectées

Un suivi sur les animaux a été réalisé avec : des pesées individuelles sur l'ensemble des poulets à J28, J56 et J84, le suivi de la mortalité, l'abattage et la découpe anatomique de 30 animaux/bâtiment de poids homogène à J84. La consommation d'aliment est relevée par lot. Une étude de l'utilisation et occupation du parcours est effectuée avec des mesures de hauteur d'herbe (herbomètre (mm), 60 mesures par parcours) et dégradation du couvert toutes les 2 semaines et par 7 journées d'observations à J44, J49, J63 et J77 avec 7 observations/j par la technique de scan sampling (Germain *et al.*, 2011) pour connaître la répartition des animaux sur le parcours quadrillé virtuellement en 16 zones permettant de définir des zones proches (0-5 m des trappes) ou des zones de fond de parcours, éloignées du bâtiment (15-25 m).

### 1.3. Analyses et calculs

Le dispositif mené en expérimentation système permet d'avoir des données sur un nombre important d'animaux mais pas de répétitions par bâtiment. En raison de l'effet bande lié à la saison, les différentes bandes ne peuvent pas être considérées comme des répétitions. Les analyses ont été faites intra-bande, par lot : statistiques descriptives. Les résultats sont discutés sur la base de comparaisons numériques.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Performances zootechniques

Dans chacune des 4 bandes, on observe des différences du poids à J84 suivant les régimes. Le **Tableau 4** présente les performances zootechniques pour les 4 bandes. La **bande 1**, qui teste des *MPA* différentes pour chaque lot, présente des différences de poids à J84, allant jusqu'à 354 g entre *MPA 4* et *MPA 2*. Le régime *MPA 4*, mélange de plusieurs *MPA*, présente le GMQ le plus élevé (+3,77 par rapport à *MPA 2* qui a le GMQ le plus faible) mais également l'IC le plus important (+0,15 par rapport au plus faible, *MPA 1*). Toutefois, ces résultats sont à mettre en relation avec les taux de MAT plus élevés dans les aliments démarrage de *MPA 3* et *MPA 4* par rapport à *MPA 1* et *MPA 2* (jusqu'à +2 points) qui pourrait expliquer une meilleure croissance au démarrage. Le rendement du filet est supérieur pour *MPA 3* et 4 : 1 à 1,2% de plus comparé à *MPA 1* et 2. Les rendements cuisse et gras abdominal sont similaires pour les 4 groupes. La **bande 2**, permet de comparer des régimes *MPA* et *MAT*. Les animaux recevant les régimes *MAT* sont moins lourds à J84 par rapport aux régimes incorporant des *MPA* (-88 g en moyenne). De plus, les animaux du régime *MAT 1* présentent des rendements de filet plus faibles : -1,35 point par rapport à *MPA 5* et *MPA 6* en moyenne. Le rendement de cuisse est légèrement plus élevé pour *MPA 5* par rapport aux autres régimes (+0,7 point vs. *MPA 6* et +0,8 point vs. *MAT*). Le rendement du gras abdominal plus élevé de 0,5 point (soit +28%) pour les régimes *MAT* par rapport aux régimes *MPA*. Il faut cependant noter que le régime *MAT 2*, qui obtient de meilleurs résultats que *MAT 1*, est plus riche en protéines, notamment en démarrage. Pour les **bandes 3 et 4**, les animaux recevant les régimes *MAT* sont moins lourds à J84 par rapport au *Témoin* (-124 g (-5%) et -171g (-7%) en moyenne pour les bandes 3 et 4 respectivement). De plus, ces animaux présentent des rendements de filet plus faibles : -5% (0,7 point) en moyenne pour la bande 3 et -6% (0,9 point) pour la bande 4. Entre les 3 régimes *MAT*, les animaux du régime *MAT 3*, avec des taux de protéines faibles en croissance et en finition, ont un poids à J84 plus faible (-4,4% en moyenne sur les 2 bandes) mais un IC moins élevé. Globalement, on observe que pour chacune de ces bandes, les animaux semblent avoir des rendements plus faibles pour les régimes *MAT* par rapport aux régimes *MPA* ou *Témoin* mais un taux de gras abdominal légèrement plus important. Les régimes à faible taux de MAT semblent avoir un impact négatif plus important sur le poids à J84.

## 2.2. Valorisation et utilisation du parcours

La hauteur de l'herbe donne une indication sur l'utilisation du parcours (diminution = consommation et/ou dégradation du parcours, augmentation = pousse de l'herbe). Le **Tableau 5** indique la différence de hauteur d'herbe devant le

bâtiment ou au fond du parcours, entre l'ouverture des trappes et la fin de la période d'élevage. Quel que soit le régime, la disparition de l'herbe est plus importante devant le bâtiment ce qui est en lien avec la présence plus fréquente des animaux sur cette zone. Pour les bandes 2 à 4, on observe que les animaux recevant les régimes *MAT* dégradent davantage la zone éloignée du bâtiment au fond du parcours (-19mm à -30 mm pour les régimes *MAT* contre +5 à -4 mm pour les lots *MPA* pour la bande 2 par exemple).

Ces résultats sont en cohérence avec le pourcentage d'occupation par les poulets de ces zones éloignées (**Tableau 5**) pour les bande 2 : 18% des animaux observés sur les zones éloignées pour les lots *MAT* contre 4% pour les lots *MPA*, et bande 3 : 22% (*MAT*) vs. 3% (*Témoin*) notamment. De plus le taux moyen d'animaux sortis dans la journée semble sensiblement plus élevé pour les régimes sous dosés en protéines notamment pour la bande 3 : 42% (*MAT*) vs. 23% (*Témoin*) et bande 4 : 75% (*MAT*) vs 67% (*Témoin*).

Le **Tableau 4** apporte une indication sur le rendement de gésier des poulets. Le rendement gésier des bandes 2, 3 et 4 est plus important pour les régimes *MAT* : bande 2 : 1,84 (*MAT*) vs. 1,44 (*MPA*), bande 3 : 1,80 (*MAT*) vs. 1,42 (*Témoin*) et bande 4 : 2,06 (*MAT*) vs. 1,87 (*Témoin*). Les animaux sortant plus et explorant davantage le parcours ont donc un gésier plus développé. Ils seraient ainsi susceptibles de mieux valoriser les aliments par un broyage plus efficace du gésier.

## 2.3 – Perspectives économiques

Une estimation des coûts de l'aliment rapportés au poids vif de l'animal a été réalisée sur un prix de matière première au 1<sup>er</sup> trimestre 2015. Les bandes 1 et 2 faisant intervenir des matières premières alternatives et peu disponibles sur le marché, le coût n'a pu être estimé (**Tableau 3**).

Les prix sembleraient légèrement abaissés dans les conditions actuelles pour les régimes *MAT* par rapport au régime *Témoin*, essentiellement pour le régime *MAT 4* (-0,05 €/kg PV). Cette approche économique pourrait être un outil à la décision dans les choix de stratégie entre régimes *MAT*.

## DISCUSSION - CONCLUSION

Les 4 bandes de poulets de chair ont permis de tester différents régimes incorporant des MP alternatives riches en protéines (*MPA*) ou des régimes à faibles taux de MAT (*MAT*) en période de croissance et/ou finition afin d'avoir de premiers résultats prospectifs dans l'optique d'être poursuivi par la suite. Les performances zootechniques des animaux recevant les régimes *MPA* étaient variables mais maintenues à niveau acceptable comme il a pu être observé lors d'étude précédente

(Lessire *et al.*, 2011). Ces MP testées semblent donc être de bons candidats de substitution au soja, vis-à-vis des performances. Le coût reste difficile à étudier sachant que ces MP sont peu accessibles sur le marché. Actuellement, cette faible disponibilité présente une contrainte pour la formulation d'aliment contenant ces MP alternatives. Les animaux recevant les régimes *MAT* semblent avoir des résultats de performance plus faibles. Cependant ils pourraient être compensés économiquement par la baisse du coût de l'aliment. De plus ces animaux semblent compenser le sous dosage en protéines en valorisant davantage les ressources végétales du parcours et en développant leur gésier laissant supposer une meilleure valorisation de l'aliment. La ressource issue du parcours pourrait être un élément intéressant à prendre en compte au niveau nutritionnel. Ces résultats sont en concordance avec des essais testant des régimes en teneur faible en protéines (Germain *et al.*, 2015). Ces 2 stratégies restent à approfondir,

et à valider par des répétitions. Une analyse du profil d'acides aminés serait à étudier pour mieux comprendre les résultats de performance (Belloir *et al.*, 2015). Ces essais permettent toutefois d'observer des tendances et semblent apporter des pistes de réflexion intéressantes au passage à l'aliment 100% AB en volailles de chair, pour des performances conformes aux objectifs. Les conditions de démarrage ainsi la qualité du couvert végétal, potentielle ressource nutritionnelle, sont à prendre en compte dans ces études pour sécuriser les performances.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions l'entreprise Mercier et Bio Nutrition Animale pour avoir produit les aliments ainsi que l'ensemble du personnel de l'unité EASM pour la réalisation de cette étude.

#### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Belloir P., Lessire M., Hallouis J.M., Corrent E., Tesseraud S., 2015. 11ème JRA, Tours, pp. 733-737  
 Bouvarel, I., Lessire, M., Narcy, A., Duval, E., Grasteau, S., Quinsac, A., Peyronnet, C., Tran, G., Heuze, V., 2014. OCL, 21(4), D405  
 Germain, K., Juin, H., Guéméné, D., 2010. 13th. European poultry Conference.  
 Germain K., Brachet M., Juin H., Lamothe E., Roinsard A., 2015. JRA 2015. 11ème JRA, pp 1023-1026  
 Germain, K., Parou, P., Chapuis, H., Pouget, R., Juin, H., Guéméné, D., Leterrier, C., 2011. 9<sup>ème</sup> JRA, pp 96-100.  
 Juin H., Bordeaux C., Feuillet D., Roinsard A., 2015. 11ème JRA, Tours, pp. 529-533.  
 Jurjanz S., Germain K., Juin H., Jondreville C., 2011. 9ème JRA, Tours, pp. 101-105  
 Lessire M., J.M. Hallouis, L. Bourdeau, I. Bouvarel, 2012. Alimenter les poulets avec des aliments 100% biologiques : Quelles conséquences ? TeMA - Techniques et Marchés Avicoles, 20 : 5-8.

**Tableau 1.** Caractéristique des régimes alimentaires des bandes menées de 2013 à 2015

Régime	Période	Bande	Caractéristiques	MAT <sup>a</sup> (%) mesuré			EM (kcal/kg) calculée		
				D	C	F	D	C	F
<i>MPA 1</i>	Février / mai 2013	1	Chanvre	20,3	19,9	18,3	2900	2900	2950
<i>MPA 2</i>			Tournesol	21,4	20,5	18,0	2860	2900	2950
<i>MPA 3</i>			Colza + concentré protéique Riz	21,2	21,3	17,6	2880	2900	2950
<i>MPA 4</i>			Tournesol + Colza	22,3	20,5	17,7	2850	2900	2950
<i>MPA 5</i>	Décembre / mars 2014	2	Chanvre	21,6	20,2	17,7	2900	2900	2950
<i>MPA 6</i>			Ortie	21,6	22,3	18,2	2900	2900	2950
<i>MAT 1</i>			MAT faible C+F <sup>b</sup>	21,6	18,3	13,3	2900	2900	2950
<i>MAT 2</i>			0% soja	23,2	19,0	14,7	2900	2900	2950
<i>Témoin</i>	Décembre / mars 2015	3	Témoin	21,9	20,6	17,8	2750	2800	2850
<i>MAT 3</i>			MAT faible C+F <sup>b</sup>	21,9	18	15,2	2750	2800	2870
<i>MAT 4</i>			MAT faible F <sup>b</sup>	21,9	20,6	12,1	2750	2800	2820
<i>MAT 5</i>			MAT diminution séquentielle <sup>c</sup>	21,9	20,6 18	15,2 12,1	2750	2800	2870 2820
<i>Témoin</i>	Avril/juin 2015	4	Témoin	21,0	19,7	18,6	ND	ND	ND
<i>MAT 3</i>			MAT faible C+F <sup>b</sup>	21,0	17,2	15,0	ND	ND	ND
<i>MAT 4</i>			MAT faible F <sup>b</sup>	21,0	19,7	12,2	ND	ND	ND
<i>MAT 5</i>			MAT diminution séquentielle <sup>c</sup>	21,0	19,7 17,2	15,0 12,2	ND	ND	ND

D : Démarrage J1 à J27, C : Croissance J28 à J55, F : finition J56 à J86; <sup>a</sup> Valeurs mesurées - unité EASM ; <sup>b</sup> C+F : croissance et finition – F : Finition ; <sup>c</sup> changement à J42 en croissance puis à J70 en finition ; ND : absence de données

Remarques : MAT tourteau de soja = 43,1%

Les matières premières composant les aliments sont en majorité du blé, maïs, tourteau de soja, triticales, tourteau de tournesol, luzerne.

**Tableau 2.** Taux d'incorporation des MPA dans les régimes

Régimes	MPA incorporées	Pourcentage d'incorporation dans les aliments (%)			MAT des MPA incorporées <sup>a</sup> (% en brut)
		démarrage	croissance	finition	
MPA 1	Tt <sup>b</sup> de chanvre	5,5	10,0	15,0	28,4
MPA 2	Tt de tournesol	7,0	12,4	15,0	30,1
MPA 3	Tt de colza	2,0	2,0	10,0	30,5
	+ CP <sup>c</sup> de riz	4,0	3,3	3,3	48,0
MPA 4	Tt de chanvre	5,0	0,0	0,0	28,4
	+ tt de tournesol	13,9	7,7	12,1	30,1
	+ tt de colza	6,0	10,0	10,0	30,5
MPA 5	Tt de chanvre	5,0	10,0	15,0	29,3
MPA 6	Ortie	0,0	4,0	6,0	27,0

<sup>a</sup> Valeurs mesurées - unité EASM - <sup>b</sup>Tt=tourteau - <sup>c</sup>CP= concentré protéique**Tableau 3.** Coût des aliments (bandes 3 et 4)

Bande	Régime	coût aliment consommé €/kg PV			
		démarrage	croissance	finition	Total
3	Témoin	0,91	0,81	0,65	1,31
	MAT 3	0,88	0,78	0,66	1,31
	MAT 4	0,87	0,83	0,56	1,27
	MAT 5	0,90	0,82	0,61	1,30
4	Témoin	0,90	0,79	0,66	1,30
	MAT 3	0,92	0,76	0,64	1,26
	MAT 4	0,92	0,80	0,58	1,25
	MAT 5	0,89	0,80	0,63	1,29

remarque : coût du marché 1<sup>er</sup> trimestre 2015**Tableau 4.** Performances zootechniques par régime (moyenne (écart-type))

Bande	Régime	Poids à 84j (g)	GMQ J1-J84 (g/j)	IC J1-J84	Rendement <sup>1</sup> filet (%)	Rendement cuisse+ pilon	Rendement GA <sup>2</sup>	Rendement gésier
1	MPA 1	2613 (379,1)	30,68	2,71	13,8 (0,8)	25,3 (1,3)	2,3 (0,9)	ND <sup>3</sup>
	MPA 2	2506 (401,7)	29,43	2,76	13,5 (1,2)	24,8 (1,1)	2,3 (0,8)	ND
	MPA 3	2769 (493,4)	32,14	2,75	14,7 (1,2)	25,0 (0,9)	2,6 (1,0)	ND
	MPA 4	2860 (492,3)	33,20	2,86	14,8 (1,1)	25,4 (1,1)	2,3 (1,1)	ND
2	MPA 5	2616 (398,2)	30,65	2,76	13,7 (0,9)	26,4 (1,0)	2,5 (0,8)	1,27 (0,54)
	MPA 6	2534 (381,6)	29,68	2,76	13,8 (1,2)	25,7 (1,1)	2,6 (1,1)	1,59 (0,25)
	MAT 1	2423 (350,9)	28,02	2,90	12,4 (1,2)	25,6 (0,9)	3,1 (0,9)	1,85 (0,37)
	MAT 2	2550 (372,5)	29,52	2,93	13,3 (1,1)	25,6 (1,0)	3,0 (0,9)	1,83 (0,29)
3	Témoin	2540 (364,6)	29,76	2,84	13,9 (1,0)	25,7 (1,0)	2,4 (0,9)	1,42 (0,23)
	MAT 3	2342 (366,4)	27,41	2,97	13,3 (1,1)	25,2 (1,3)	2,6 (1,2)	1,82 (0,47)
	MAT 4	2461 (330,6)	28,49	3,00	13,1 (1,2)	25,2 (1,0)	3,1 (1,1)	1,81 (0,29)
	MAT 5	2443 (372,2)	28,28	2,99	13,2 (1,2)	25,2 (0,8)	2,8 (1,2)	1,77 (0,48)
4	Témoin	2395 (386,9)	28,51	2,82	13,2 (0,9)	25,23 (1,2)	1,82 (0,82)	1,87 (0,26)
	MAT 3	2158 (327,7)	25,69	2,91	12,4 (1,0)	25,16 (1,0)	2,44 (0,66)	2,06 (0,50)
	MAT 4	2313 (352,9)	27,21	2,93	12,4 (1,0)	24,6 (1,1)	2,98 (0,69)	2,01 (0,31)
	MAT 5	2200 (358,1)	25,87	2,96	12,2 (0,9)	24,2 (1,3)	2,67 (0,83)	2,10 (0,45)

<sup>1</sup> rdt = rendement : % par rapport au poids vif ; <sup>2</sup> GA = gras abdominal ; <sup>3</sup> ND : non déterminé

Remarques : poids au démarrage similaire pour une bande

750 animaux sont pesés et utilisés pour évaluer le GMQ et l'IC. Les rendements sont calculés pour 30 animaux par lot.

**Tableau 5.** Résultats sur la consommation en protéines et l'utilisation du parcours

Bande	Régime	Différence de la hauteur d'herbe entre le début et la fin de l'accès au parcours (mm)		% moyen d'animaux sortis au moins 1 fois sur le parcours dans la journée	% d'occupation du fond de parcours du bâtiment sur le parcours total <sup>2</sup>
		devant le bâtiment <sup>1</sup>	au fond du parcours <sup>2</sup>		
1	MPA 1	ND <sup>3</sup>	ND	57,1	17,8
	MPA 2	ND	ND	57,8	16,3
	MPA 3	ND	ND	54,0	22,0
	MPA 4	ND	ND	49,2	18,7
2	MPA 5	-46,8	+5,2	28,0	0,9
	MPA 6	-34,1	-4,6	36,2	7,2
	MAT 1	-47,3	-30,2	37,2	20,7
	MAT 2	-34,5	-19,3	31,9	14,9
3	Témoin	-17,7	+9,7	22,9	3,3
	MAT 3	-10,3	+1,6	43,2	19,6
	MAT 4	-11,6	+0,1	47,5	26,2
	MAT 5	-4,4	+8,3	34,7	19,3
4	Témoin	-42,1	-33,3	66,7	26,9
	MAT 3	-31,1	-40,5	69,7	29,3
	MAT 4	-41,5	-32,9	78,2	36,2
	MAT 5	-49,6	-47,8	76,4	36,0

<sup>1</sup> devant le bâtiment : entre 0 et 5 m des trappes ; <sup>2</sup> fond de parcours : à l'opposé du bâtiment à 15 m des trappes ; <sup>3</sup> ND : non déterminé

**BIODISPONIBILITE COMPAREE DU SELENIUM CHEZ LA POULE PONDEUSE  
SELON LA SOURCE DE SELENIUM ORGANIQUE : TENEUR EN SELENIUM  
MUSCULAIRE ET TRANSFERT DE SELENIUM DANS L'OEUF**

**Barbé Florence<sup>1</sup>, Sacy Audrey<sup>1</sup>, Poulain Stéphane<sup>2</sup>, Chevaux Eric<sup>1</sup>, Castex Mathieu<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*LALLEMAND SAS - 19, rue des Briquetiers – BP59, 31702 BLAGNAC cedex*

<sup>2</sup>*AVEYRON LABO - 195, rue des Artisans, parc d'activités Bel Air – BP3118, 12031 RODEZ  
cedex 9  
[fbarbe@lallemand.com](mailto:fbarbe@lallemand.com)*

**RÉSUMÉ**

Le sélénium (Se) est un micronutriment essentiel dans l'alimentation des animaux d'élevage, apporté dans l'aliment sous différentes formes : minéral (sélénite de sodium) ou organique (levures enrichies en Se ou formes de synthèse). 96 poules pondeuses ISA Brown ont été réparties en 4 groupes recevant des aliments à teneur identique en sélénium, apporté par des sources de sélénium différentes: sélénite de sodium (SS), une levure enrichie en Se organique (A : 63% sélénométhionine) ou 2 formes de Se organique de synthèse (SM1, SM2 : 100% sélénométhionine). La teneur en Se a été mesurée dans les œufs (J0, J34) et dans le muscle pectoral (J55). Les sources de Se organique augmentent le transfert de Se par rapport au sélénite de sodium dans l'œuf total (+59%, +22%, +11% - A, SM1, SM2) et dans l'albumen (+133%, +79%, +61% - A, SM1, SM2) ( $P < 0,001$ ). Dans le jaune, seule la levure sélénée augmente le transfert de sélénium (+27%), alors qu'il est réduit pour SM1 (-3%) et SM2 (-11%) par rapport au SS ( $P = 0,05$ ). La teneur en Se musculaire est principalement augmentée par la levure sélénée et SM1 (482, 910, 964, 788  $\mu\text{g/kg MS}$  - SS, A, SM1, SM2 -  $P < 0,001$ ). Ces résultats démontrent que la levure sélénée est la source de Se la plus efficace pour augmenter le dépôt de Se dans les muscles et son transfert dans les œufs, en comparaison avec les sources synthétiques de Se organique. La combinaison de différents acides aminés sélénés (SeMet, SeCys) apportée par la levure sélénée semblerait être plus efficace qu'un apport en SeMet de synthèse pour améliorer la biodisponibilité du Se chez la poule pondeuse.

**ABSTRACT**

**Comparison of selenium bioavailability in laying hens fed different organic selenium sources: Selenium content in muscle and selenium transfer to the egg**

Selenium (Se) is an essential micronutrient in livestock feed, which can be provided by different forms: mineral (sodium selenite) or organic forms (Se-yeasts or synthetic forms). 96 ISA Brown laying hens were allotted in 4 groups receiving iso-Se diets. Se was provided by different Se sources: sodium selenite (SS), Se-yeast enriched in organic Se (A: 63% selenomethionine) or 2 forms of synthetic organic Se (SM1, SM2: 100% selenomethionine). Selenium concentration and quantity were measured in eggs (D0, D34) and in pectoralis muscle (D55). Compared to SS, the different organic Se sources increase the Se transfer in whole egg (+59%, +22%, +11% - A, SM1, SM2) and in albumen (+133%, +79%, +61% - A, SM1, SM2) ( $P < 0.001$ ). In yolk, only the Se-yeast improves Se transfer (+27%), while it is reduced for SM1 (-3%) and SM2 (-11%), compared to SS ( $P = 0.05$ ). Se concentration in pectoralis muscle was increased mainly with A and SM1 (482, 910, 964, 788  $\mu\text{g/kg DM}$  - SS, A, SM1, SM2 -  $P < 0.001$ ). These results demonstrate that Se-yeast is the most efficient Se source to increase Se deposition in muscle and its transfer to the eggs, when compared to synthetic sources of organic Se. The combination of different seleno-amino acids (SeMet, SeCys) provided by Se-yeast appears more favourable than a single supply of SeMet to improve Se bioavailability in laying hens.



## INTRODUCTION

L'effet bénéfique du sélénium (Se) est principalement lié à son rôle de cofacteur de l'enzyme antioxydante glutathion peroxydase (GPx) (Rotruck et al., 1973). Il intervient aussi dans de nombreuses autres voies métaboliques liées au système immunitaire et aux mécanismes de l'inflammation (Huang et al., 2012), à la fonction cérébrale (Rayman, 2000) et à la fonction reproductive (Behne et al., 1996). Thompson et al. (1982) ont introduit le concept de spéciation d'un élément (i.e les différentes formes physiques et chimiques d'élément) et dès lors, les effets sur la santé de ces différentes formes d'un élément ont commencé à être considérés. Le sélénium existe ainsi sous différentes formes : inorganique (sélénite, sélénate) et organique (levures enrichies en Se et contenant notamment des acides aminés sélénés tels que la sélénométhionine (SeMet) et la sélénocystéine (SeCys) ou des formes synthétiques apportant uniquement de la SeMet). Chez la poule pondeuse, les études publiées jusqu'à présent se sont intéressées principalement aux formes inorganiques (Payne et al., 2005) ou organiques apportées sous forme de levures sélénées (Arpasova et al., 2010 ; Invernizzi et al., 2013 ; Payne et al., 2005 ; Utterback et al., 2005 ; Zdunczyk et al., 2013). Cependant, il existe peu d'études sur les nouvelles formes synthétiques de Se organique, apportant uniquement de la SeMet (Jlali et al., 2013 ; Jing et al., 2015). Les différentes formes de Se n'affectent pas un organisme de la même manière : des différences ont ainsi été reportées en termes d'absorption, de rétention, de biodisponibilité, de toxicité et de capacité à induire une activité enzymatique. Il apparaît donc qu'au-delà de la teneur en Se totale, la composition de la forme de Se apportée définira les bénéfices à attendre. Aujourd'hui, il y a encore peu d'information sur la biodisponibilité des formes de Se, autres que la SeMet et le sélénite/sélénate, et dans la plupart des études de spéciation, une fraction importante de cet élément essentiel reste non identifiée (Sun et al., 2011 ; Lipiec et al., 2010). Notre étude avait pour objectif de comparer 3 formes différentes de Se organique quant à leur efficacité à augmenter le transfert du Se dans l'œuf et le muscle pectoral chez la poule pondeuse.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et sources de Se organique

96 poules pondeuses ISA Brown, âgées de 30 semaines, ont été réparties en 4 groupes recevant pendant 55 jours des aliments à teneur identique en sélénium (0,2 ppm Se ajouté), apporté par des sources de sélénium différentes: sélénite de sodium (SS), une levure enrichie en Se organique (Alkosel®, Lallemand, A : 63% sélénométhionine, 17% sélénocystéine) ou 2 formes de Se organique de synthèse apportant chacune 100% de

sélénométhionine : SM1 (L-sélénométhionine – Excential Selenium®, Orffa) et SM2 (séléno-hydroxyméthionine ou HMSeBA – Selisseo®, Adisseo). Les poules pondeuses étaient logées par 2 dans des cages standard (800 cm<sup>2</sup>/poule, 12 cages/groupe = 24 animaux/groupe), à 22±1°C et soumises à un cycle de 16h jour/8h nuit. Les animaux avaient un accès libre à l'aliment (Euronutrition, Saint-Symphorien, France) et à l'eau. L'aliment était distribué 2 fois par jour par bloc de 4 cages consécutives (3 blocs/groupe) et l'ingéré calculé de manière hebdomadaire comme suit : ingéré = aliment distribué – refus. Les performances zootechniques (taux de ponte, poids d'œuf, masse d'œuf exportée, indice de consommation = ingéré/masse d'œuf exportée) ont été déterminées de manière hebdomadaire sur les 8 semaines d'essai.

### 1.2. Analyse du Se dans l'aliment, l'œuf et le muscle pectoral

La teneur en sélénium dans les aliments expérimentaux (SS, A, SM1, SM2) a été réalisée en double sur le même échantillon, collecté en cours d'essai. La moyenne des valeurs obtenues est présentée dans le Tableau 1a. La quantité de sélénium ingérée a ensuite été calculée comme suit : concentration en Se dans l'aliment (µg/kg) × quantité d'aliment ingéré (kg). Les œufs d'un même jour ont été prélevés et « poolés » par cage à J0 et J34 pour l'analyse de sélénium sur œuf total (n = 12 échantillons/groupe) et à J1 et J35 pour l'analyse de sélénium dans l'albumen (n = 12 échantillons/groupe) et le jaune (n = 12 échantillons/groupe), séparément. A J55, l'analyse de sélénium a été réalisée dans le muscle pectoral (n = 6 animaux/groupe). La concentration en sélénium dans l'aliment, l'œuf et le muscle pectoral a été réalisée par Aveyron Labo (Rodez, France) par ICP-MS après lyophilisation et minéralisation des échantillons. La mesure du poids de l'œuf total, de l'albumen et du jaune de chaque échantillon a ensuite permis de calculer la quantité de Se dans chaque compartiment comme suit : quantité de Se (µg) = concentration en Se (µg/g) × poids du compartiment (g). Pour tenir compte du fait que l'aliment A présente une teneur en Se plus faible que les aliments SM1 et SM2 (Tableau 1a), les résultats obtenus ont été standardisés par la quantité de Se ingérée dans chaque groupe. Le taux de transfert du Se dans les différents compartiments de l'œuf sur la période de 34 jours a ainsi été calculé comme suit : (quantité de Se dans le compartiment (œuf total, albumen ou jaune) (µg) à J34 × 34 jours)/quantité cumulée de Se ingérée sur la période de 34 jours (µg).

### 1.3. Estimation de la consommation en sélénométhionine (SeMet)

Dans la mesure où il n'existe aucune méthode officiellement validée pour analyser la teneur en SeMet dans l'aliment, celle-ci a été estimée comme indiquée ci-dessous et reportée dans le Tableau 1b. La teneur en sélénométhionine est estimée à partir de la

teneur en sélénium apporté par les 3 sources de Se organique (A, SM1, SM2), en tenant compte du fait que le sélénium représente environ 40% du poids moléculaire de la sélénométhionine (SeMet : 196 g/mol ; Se : 79 g/mol). La teneur en Se ingéré (TS) provenant des 3 sources de Se organique est calculée comme suit :  $TS = \text{consommation d'aliment à J34 ou J55 (kg)} \times 200 \mu\text{g/kg (0,2 ppm)}$ . La teneur en SeMet ingérée provenant des 3 sources de Se organique est calculée ensuite comme suit :  $(TS/0,4) \times \text{teneur en SeMet de chacune des sources (63\% pour A, 100\% pour SM1 et SM2)}$ .

#### 1.4. Analyses statistiques

L'ingéré et l'indice de consommation ont été analysés à chaque semaine de l'essai et en moyenne sur toute la période par une analyse de variance univariée entre les groupes avec le bloc comme unité expérimentale. Le taux de ponte, le poids d'œuf et la masse d'œuf exportée ont été analysés par un modèle mixte en mesures répétées avec le groupe, le temps et leur interaction en effets fixes, les données avant essai pendant 10 semaines en covariable et la cage comme unité expérimentale. La teneur en Se dans l'œuf et ses compartiments et la teneur en Se dans le muscle pectoral ont été analysées par une analyse de variance univariée entre les groupes avec la cage comme unité expérimentale, les comparaisons entre groupes ont ensuite réalisées par les tests post-hoc de Tukey. Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel IBM SPSS Statistics 24.0 et les résultats considérés comme significatifs pour une probabilité  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Performances zootechniques

Un seul animal est mort au cours de cette étude (dans le groupe témoin, à la 3<sup>ème</sup> semaine de l'essai). Sur toute la période de supplémentation, il n'y a aucune différence significative entre les groupes pour le taux de ponte (93,8% ; 96,0% ; 94,2% ; 95,9% - SS, A, SM1, SM2) et la masse d'œuf exportée (59,1 ; 60,8 ; 59,5 ; 60,9 g - SS, A, SM1, SM2). Cependant, les sources de Se organique améliorent significativement le poids de l'œuf (62,6 ; 63,3 ; 63,3 ; 63,6 g - SS, A, SM1, SM2 -  $P = 0,01$ ) et l'indice de consommation (2,003 ; 1,877 ; 1,900 ; 1,859 - SS, A, SM1, SM2 -  $P = 0,05$ ) par rapport à SS, sans différence entre les sources de Se organique. Les consommations d'aliment, de sélénium (Se) et de sélénométhionine (SeMet) pour les 4 groupes : SS, A, SM1, SM2 sont présentées Tableau 1b.

### 2.2. Teneur en Se dans le muscle pectoral

La mesure de la concentration en Se dans le muscle pectoral en fin d'essai, à J55, confirme que les sources de Se organique augmentent de manière significative la biodisponibilité du Se, par rapport au sélénite de sodium. De plus, la teneur en Se musculaire est principalement augmentée par la levure sélénée et SM1 (482, 910, 964, 788  $\mu\text{g/kg MS}$  - SS, A, SM1,

SM2 -  $P < 0,001$ ) (Figure 1a). En considérant l'apport en SeMet de chacune des sources de Se (63% pour A et 100% pour SM1 et SM2), il apparaît que la levure sélénée (A) présente le dépôt de Se le plus efficace dans le muscle pectoral (Figure 1b).

### 2.3. Teneur en Se dans l'œuf et ses compartiments

La quantité et la concentration en Se dans les différents compartiments de l'œuf pour chacun des groupes à J34 est présenté dans le Tableau 2. Les 3 sources de Se organique induisent une augmentation significative de la concentration en Se dans l'albumen, par rapport à SS. Seule la source A permet d'augmenter significativement la concentration en Se dans l'œuf total, par rapport à SS. Aucune différence significative n'est reportée entre les groupes pour la concentration en Se dans le jaune. Parmi les sources de Se organique, A présente la quantité de Se la plus élevée (21,4  $\mu\text{g}$  dans l'œuf total et 9,6  $\mu\text{g}$  dans l'albumen) et SM2 la plus faible (17,6  $\mu\text{g}$  dans l'œuf total et 7,8  $\mu\text{g}$  dans l'albumen), SM1 ayant des valeurs intermédiaires entre A et SM2 (18,5  $\mu\text{g}$  dans l'œuf total et 8,4  $\mu\text{g}$  dans l'albumen). Le taux de transfert du Se dans l'œuf total, l'albumen et le jaune est présenté en Figures 2a, 2b, 2c, respectivement. La levure sélénée (A) induit le taux de transfert en Se le plus important dans ces 3 compartiments, avec une amélioration significative dans l'œuf total (Figure 2a : +59%, +22%, +11% - A, SM1, SM2 -  $P < 0,001$ ) et dans l'albumen (Figure 2b : +133%, +79%, +61% - A, SM1, SM2 -  $P < 0,001$ ), par rapport au sélénite de sodium et aux autres sources de Se organique (SM1, SM2). Dans le jaune (Figure 2c), seule la levure sélénée augmente le transfert de sélénium (+27%), alors qu'il est réduit pour SM1 (-3%) et SM2 (-11%) par rapport au SS ( $P = 0,05$ ).

## DISCUSSION ET CONCLUSION

La poule pondeuse a été choisie comme modèle pour évaluer la biodisponibilité comparée de différentes sources de Se organique disponibles sur le marché. Le taux de transfert du Se apparaît en accord avec la littérature : 20-40% (Delezie et al., 2014) et 50-85% (Jlali et al., 2013). Il est à noter que ces études présentent leurs résultats après 56 j de supplémentation, contre 34 j dans cette étude. Les données présentées montrent un avantage de la levure sélénée (A) pour augmenter le dépôt de Se dans les muscles et le transfert de Se dans les œufs. Les trois sources de Se testées ici apportent chacune 100% de sélénium organique. Cependant, les teneurs en SeMet de ces trois sources sont différentes (63% pour A et 100% SeMet pour SM1 et SM2). Notre étude nous conduit donc à formuler l'hypothèse que la combinaison de différents acides aminés sélénés (SeMet, SeCystéine) apportée par la levure sélénée conférerait un avantage en termes de biodisponibilité du sélénium chez la poule pondeuse. Plus précisément, la présence de SeCys dans la levure, considérée comme le 21<sup>ème</sup> acide aminé et ayant un rôle majeur dans le métabolisme du sélénium et dans

la synthèse des sélénoprotéines (Thiry, 2003), pourrait être un paramètre clef expliquant les différences de biodisponibilité mesurée ici. Ces résultats apportent de nouvelles informations par rapport à une étude réalisée par Deagen et al. (1987), qui montre que de la sélénocystine administrée pure à des rats ne permet pas un dépôt de Se supérieur au sélénite au niveau du muscle. Il est à noter cependant que la sélénocystéine et la sélénocystine sont des molécules différentes et l'efficacité d'absorption et le métabolisme de ces 2 formes ne sont pas identifiés à ce jour. La sélénocystine étant l'association de 2 cystéines liées par un pont disulfure, cette forme pourrait être plus résistante que la sélénocystéine dans le tractus gastrointestinal, expliquant ainsi les différences de dépôt en Se dans le muscle entre cette étude et l'étude présentée ici. Par ailleurs, les auteurs soulignent une différence d'incorporation du sélénium dans les protéines entre ces différentes formes : davantage de sélénium issu de SeCys ou sélénite est incorporé dans la GPx, par rapport à SeMet. La concentration en Se dans les tissus n'est pas toujours corrélée à une

efficacité des enzymes antioxydantes (GPx). Une autre étude a aussi montré une réduction des biomarqueurs du stress oxydant chez l'être humain suivant une supplémentation avec une levure sélénée mais non avec SeMet (Richie et al., 2014). Il serait donc intéressant dans une prochaine étape de l'étude présentée ici d'analyser l'activité antioxydante GPx et les biomarqueurs du stress oxydant suivant la supplémentation de différentes formes de Se organique.

En conclusion, cette étude confirme et valide un meilleur transfert du Se vers l'œuf avec les sources de Se organique par rapport au sélénite de sodium. De plus, les sources de Se organique n'apparaissent pas toutes équivalentes en termes de biodisponibilité, cette différence pouvant être mise en relation avec des teneurs différentes en SeMet et la présence ou non d'autres formes organiques (SeCys). La levure sélénée apparaît ici plus efficace dans le transfert de Se vers l'œuf, qui peut être associé à la composition intrinsèquement plus diversifiée en composés de Se organique (SeMet, Secys ...).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arpasova H. et al., 2010. *Journal of Central European Agriculture*, (11), 99-104.  
 Behne D. et al., 1996. *Journal of Reproduction and Fertility*, (106), 291-297.  
 Deagen J.T. et al., 1987. *Journal of Nutrition*, (117), 91-98.  
 Delezie et al., 2014. *Poultry Science*, (93), 3083-3090.  
 Huang Z. et al., 2012. *Antioxidants & Redox Signaling*, (16), 705-743.  
 Invernizzi G. et al., 2013. *Italian Journal of Animal Science*, (12), 1-8.  
 Jing C.L. et al., 2015. *Poultry Science*, (94), 965-975.  
 Jlali M. et al., 2013. *Journal of Animal Science*, (91), 1745-1752.  
 Lipiec E., Siara G. et al., 2010. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, (397), 741-741.  
 Payne R.L. et al., 2005. *Poultry Science*, (84), 232-237.  
 Rayman M., 2000. *The Lancet*, (356), 233-241.  
 Richie et al., 2014. *Cancer Prev Res*, (7), 796-804.  
 Rotruck J.T. et al., 1973. *Science*, (179), 588-590.  
 Sun H., Feng B., 2011. *Food Analytical Methods*, (4), 240-244.  
 Surai P., 2000. *British Poultry Science*, (41), 235-243.  
 Surai P., Fisinin V., 2012. XXIV World's Poultry Congress, 5-9 August 2012, Salvador, Brazil.  
 Thiry C., 2003. Thèse de Doctorat en Science sous la direction de Schneider Y.J., Université Catholique de Louvain  
 Thompson C.D. et al., 1982. *The American Journal of Clinical Nutrition*, (36), 24-31.  
 Utterback P.L. et al., 2005. *Poultry Science*, (84), 1900-1901.  
 Zdunczyk Z. et al., 2013. *Polish Journal of Veterinary Science*, (16), 333-339.

**Tableau 1a.** Teneur en sélénium dans les aliments expérimentaux (SS, A, SM1, SM2)

	SS	A	SM1	SM2
Sélénium (µg/kg)	303	277	309,5	322

**Tableau 1b.** Consommations d'aliment, de sélénium (Se) et de sélénométhionine (SeMet) à J34 et J55 pour les 4 groupes : SS, A, SM1, SM2.

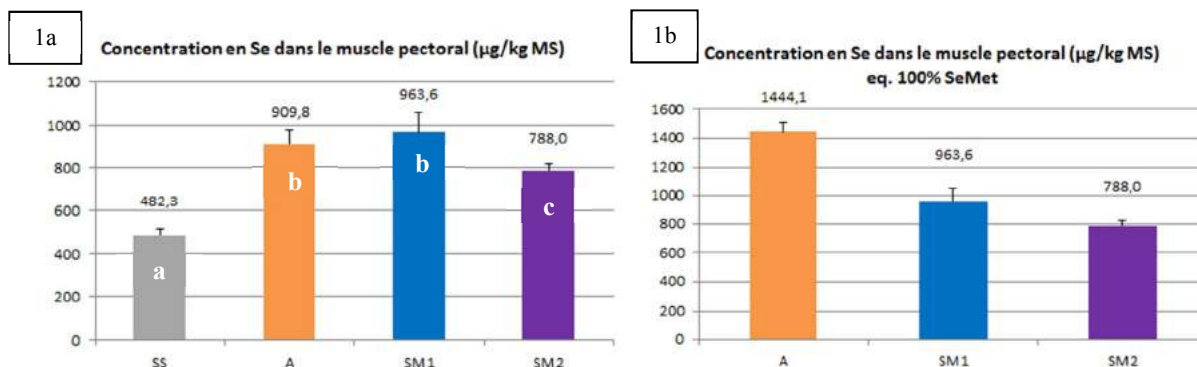
	Aliment J34 (kg)	Aliment J55 (kg)	Se J34 (mg)	Se J55 (mg)	SeMet J34 (mg)	SeMet J55 (mg)
SS	28,7 (±2,5)	47,0 (±4,8)	8,7 (±0,8)	14,2 (±1,5)	-	-
A	29,7 (±0,3)	49,2 (±0,7)	8,2 (±0,1)	13,6 (±0,2)	9,4 (±0,1)	15,5 (±0,2)
SM1	30,1 (±0,9)	49,6 (±1,5)	9,3 (±0,3)	15,4 (±0,5)	15,0 (±0,4)	24,8 (±0,7)
SM2	30,3 (±0,7)	49,7 (±1,3)	9,8 (±0,2)	16,0 (±0,4)	15,1 (±0,3)	24,9 (±0,6)

**Tableau 2.** Quantité moyenne de Se par œuf (µg, MS) et concentration en Se (µg/kg, MS) dans les différents compartiments de l'œuf à J34 pour les 4 groupes : SS, A, SM1, SM2 (a,b,c : P < 0,05). Les valeurs indiquées entre parenthèses sont les écarts-types associés aux moyennes.

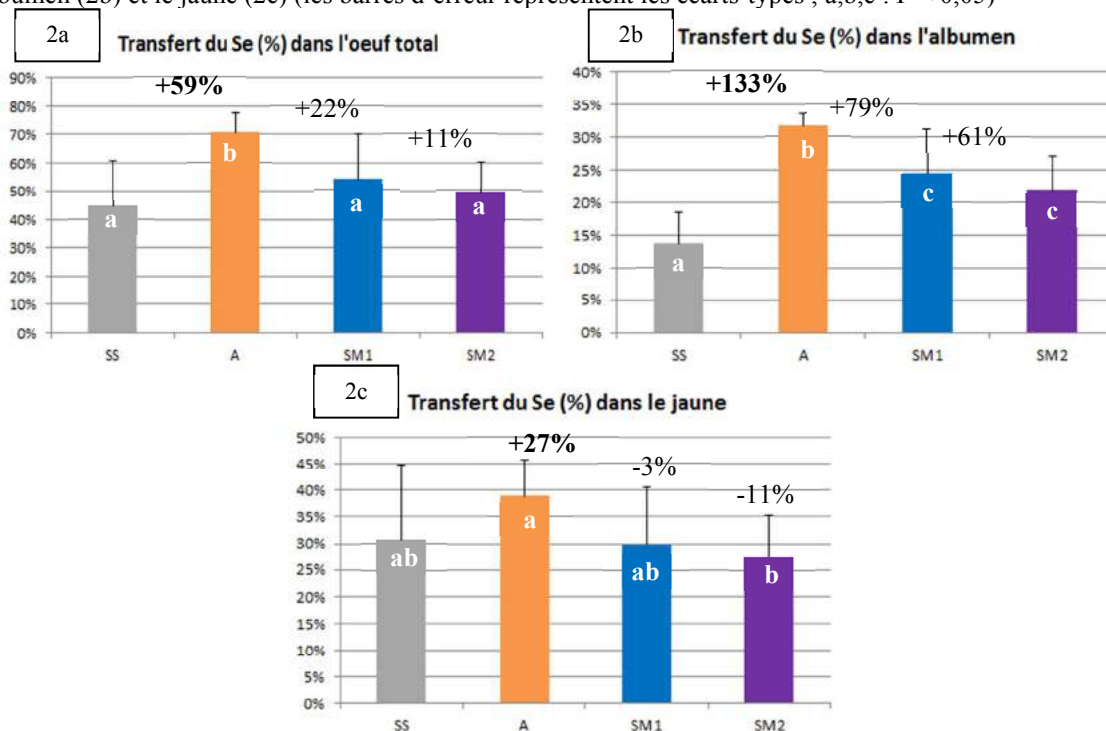
µg, MS/œuf	Œuf total	Albumen	Jaune
SS	14,5 <sup>a</sup> (±5,2)	4,4 <sup>a</sup> (±1,5)	10,1 (±4,6)
A	21,4 <sup>b</sup> (±2,1)	9,6 <sup>b</sup> (±0,5)	11,8 (±2,1)
SM1	18,5 <sup>ab</sup> (±5,3)	8,4 <sup>bc</sup> (±2,3)	10,2 (±3,6)
SM2	17,6 <sup>ab</sup> (±3,7)	7,8 <sup>c</sup> (±1,8)	9,8 (±2,7)
Probabilité	0,004	< 0,001	0,471

µg/kg, MS/œuf	Œuf total	Albumen	Jaune
SS	1281,3 <sup>a</sup> (±259,8)	1086,7 <sup>a</sup> (±173,2)	1387,6 (±452,3)
A	1648,9 <sup>b</sup> (±193,6)	1996,1 <sup>b</sup> (±117,8)	1442,5 (±267,8)
SM1	1517,8 <sup>ab</sup> (±228,6)	1870,0 <sup>bc</sup> (±212,7)	1308,5 (±312,9)
SM2	1462,8 <sup>ab</sup> (±175,0)	1743,6 <sup>c</sup> (±80,6)	1295,8 (±299,6)
Probabilité	0,002	< 0,001	0,684

**Figure 1.** Concentration en Se dans le muscle pectoral à J55 pour les 4 groupes : SS, A, SM1, SM2 (a) et en tenant compte de l'apport en SeMet de chacune des sources de Se organique (63% pour A et 100% SeMet pour SM1 et SM2) (b) (les barres d'erreur représentent les écarts-types ; a,b,c : P < 0,05)



**Figure 2.** Taux de transfert du Se (%) à J34 pour les 4 groupes : SS, A, SM1, SM2, dans l'œuf total (2a), l'albumen (2b) et le jaune (2c) (les barres d'erreur représentent les écarts-types ; a,b,c : P < 0,05)



## INTÉRÊT DES CHÉLATES DE Zn, Cu ET Mn AVEC UN ANALOGUE DE MÉTHIONINE POUR LA QUALITÉ DE CARCASSE DU POULET DE CHAIR.

**Bourdonnais Alain<sup>1</sup>, Alleno Christophe<sup>2</sup>, Vazquez-Anon Mercedes<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Novus Europe SA/NV, rue de Neerveldstraat 101-103, 1200 Bruxelles, Belgique,*

<sup>2</sup> *Zootests, Parc Technologique du Zoopôle, 22440 Ploufragan, France,*

<sup>3</sup> *Novus International, Inc., 20 Research Park Drive, St Charles, MO 63304, USA*

[alain.bourdonnais@novusint.com](mailto:alain.bourdonnais@novusint.com)

### RÉSUMÉ

Un essai est conduit au sein d'un groupement de production intégrée de volailles, pour évaluer l'intérêt de niveaux réduits d'oligo-éléments chélatés avec l'hydroxy-analogue de méthionine (CMA) comparés à des niveaux standards d'oligo-éléments inorganiques (ITM). Deux bâtiments par semaine sont sélectionnés pendant 10 semaines, pour obtenir 2 groupes de 10 répétitions. Les performances de croissance des lots précédents doivent être comparables pour les 2 bâtiments retenus chaque semaine. Le traitement contrôle consiste en un programme alimentaire commercial standard, avec Zn, Cu, Mn apportés sous forme ITM aux doses respectives de 47-10-73 mg/kg jusqu'à 10 jours puis 40-10-40 mg/kg jusqu'à l'abattage. Les traitements expérimentaux reprennent les mêmes aliments mais avec Zn, Cu, Mn sous forme CMA aux doses de 40-10-40 mg/kg jusqu'à 10 jours puis 32-8-32 mg/kg jusqu'à l'abattage. Les performances de croissance sont similaires pour les lots ITM et CMA, avec respectivement un poids vif de 1872 et 1875 g, un indice de consommation de 1,77 et 1,78 et un index de performance de 281 et 279. L'homogénéité, estimée par le coefficient de variation du poids vif, est significativement améliorée ( $P = 0,048$ ), passant de 12,60% pour le contrôle à 11,50% pour le lot CMA. A l'abattoir, les meurtrissures de la peau et les griffures récentes sont significativement réduites dans le lot CMA, de respectivement -8,2% ( $P = 0,014$ ) et -11,6% ( $P = 0,020$ ). Les brûlures du tarse et les dermatites plantaires tendent aussi à diminuer dans le lot CMA, de respectivement -8,6% et -3,3%. Ces résultats indiquent que nourrir les poulets avec des niveaux réduits de CMA contribuent à améliorer la qualité des carcasses à l'abattoir sans effet négatif sur les autres paramètres mesurés.

### ABSTRACT

#### **Effect of Zn, Cu & Mn chelated with methionine analogue on broiler carcass quality**

A study was designed in a large broiler organization, to assess the interest of reduced levels of trace minerals chelated with methionine analogue (CMA) compared to standard levels of inorganic trace minerals (ITM). Two buildings were selected per week for 10 weeks, to have 2 groups of 10 replicates. Previous growth performances had to be similar for the 2 houses of the same week. The control treatment received a standard commercial feeding program with Zn, Cu, Mn supplied as ITM with respective levels of 47-10-73 mg/kg until 10 days then 40-10-40 mg/kg until slaughter. The experimental treatments received same feeds with Zn, Cu, Mn supplied as CMA at levels of 40-10-40 mg/kg until 10 days then 32-8-32 mg/kg until slaughter. The growth performances were similar in the ITM and CMA groups, with respectively body weight of 1872 g and 1875 g, feed conversion ratio of 1.77 and 1.78 and performance index of 281 and 279. The homogeneity, measured by the body weight coefficient of variation, was significantly improved ( $P = 0.048$ ), from 12.60 % for the control to 11.50% for the CMA treatment. In the processing plant, skin bruising and recent scratches were significantly reduced with CMA, by respectively -8.2% ( $P = 0.014$ ) and -11.6% ( $P = 0.020$ ). Hook burn and foot-pad dermatitis also tended to be reduced with CMA, by respectively -8.6% and -3.3%. Present data indicate that feeding broilers with reduced levels of CMA contributed to improve carcass quality at the slaughterhouse without detrimental effects on other measured parameters.

## INTRODUCTION

Les lésions de peau de la carcasse du poulet conduisent à des saisies et des déclassements. La résolution de ces problèmes nécessite une approche multifactorielle comprenant l'origine génétique et les conditions d'élevage, d'abattage et d'alimentation. Partie intégrante de cette dernière, zinc, cuivre et manganèse sont des nutriments nécessaires en petites quantités, sensibles aux excès et à la compétition avec d'autres minéraux (Dibner et al., 2007 ; Richards et al., 2010). Par ailleurs, la réglementation européenne, dans un souci de protection de l'environnement, tend à limiter de plus en plus les niveaux maxima d'incorporation des oligo-éléments dans l'alimentation des animaux (selon le règlement européen 2016/1095 du 6 juillet 2016, le maximum pour le Zn passe de 150 ppm à 120 ppm en aliment volailles). Dans ce contexte, l'utilisation de formes plus biodisponibles de minéraux, comme les chélates d'oligo-éléments et d'analogue de méthionine, semble une possible voie d'amélioration. Cet essai est conduit au sein d'un groupement de production intégrée de volailles, pour évaluer l'intérêt de niveaux réduits d'oligo-éléments chélatés avec de l'hydroxy-analogue de méthionine (CMA, Mintrex®) comparés à des niveaux standards d'oligo-éléments inorganiques (ITM).

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'essai est réalisé par et sous le contrôle de la société Zootests, dans un groupement de production intégrée de volailles en Bretagne produisant typiquement des poulets de 1850 g à l'abattage.

- Deux bâtiments de poulets sont sélectionnés chaque semaine, pendant 10 semaines, pour obtenir 2 groupes de 10 répétitions. Les performances de croissance des lots précédents doivent être comparables pour les 2 bâtiments retenus chaque semaine, et les bâtiments avec problèmes techniques lors des précédents lots sont éliminés. Un seul type génétique est retenu (R99).
- Le traitement contrôle consiste en un programme alimentaire standard du commerce, avec Zn, Cu et Mn apportés sous forme ITM apportés aux doses respectives de 47-10-73 mg/kg jusqu'à 10 jours puis 40-10-40 mg/kg jusqu'à l'abattage.

- Les lots expérimentaux reçoivent les mêmes aliments mais avec Zn, Cu et Mn sous forme CMA aux doses réduites de 40-10-40 mg/kg jusqu'à 10 jours puis 32-8-32 mg/kg jusqu'à l'abattage (tableau 1).
- Les performances zootechniques des 20 lots sont fournies par le groupement de production et comprennent l'âge d'abattage, le poids vif, l'indice de consommation, la mortalité et l'indice de performance (IP). Ce dernier est défini par le groupement de production par la formule  $IP = \text{Gain Moyen Quotidien} \times \text{Viabilité} / \text{Indice de Consommation} \times 10$ .
- Mesures en élevage : il s'agit du poids et de l'homogénéité. La veille de l'abattage (lorsque les animaux bougent peu) et pour chaque bâtiment de l'essai, 5 zones sont définies et délimitées par un parc grillagé léger d'environ 4 m<sup>2</sup>. Dans chaque zone, 70 poulets sont pesés individuellement. Par lot, environ 350 oiseaux sont ainsi pesés, servant de base au calcul du poids moyen du lot et de son homogénéité, mesurée par le coefficient de variation du poids vif.
- Mesures à l'abattoir : elles portent sur les lésions plantaires, les brûlures du tarse, les meurtrissures et les griffures. Selon le protocole du service Qualité de l'abattoir, 3 groupes de 100 carcasses chaudes sont retirées de la chaîne et étudiées pour chaque lot. Une grille de 3 notes (1 = pas de lésion, 2 = lésion moyenne, 3 = lésion sévère) est utilisée pour les lésions plantaires et les brûlures de tarse. Meurtrissures et griffures sont mesurées par leur pourcentage présence/absence.
- Statistiques : le logiciel SAS a été utilisé, en retenant le seuil de signification de  $P < 0,05$  et le facteur étudié est le traitement CMA versus ITM. Les lots ont été comparés pour l'indice de performance et l'âge moyen d'abattage. Pour les résultats zootechniques et l'homogénéité des poids vifs en élevage, l'unité expérimentale est le lot et le t de Student a été utilisé.

**Tableau 1 : description des 3 aliments étudiés.**

Zn-Cu-Mn mg/kg	ITM	CMA
0-10 j	47 – 10 – 73	40 – 10 – 40
11-35 j	40 – 10 – 40	32 – 8 – 32

## RÉSULTATS

Les résultats de croissance (tableau 2) sont similaires dans les groupes contrôle et CMA, avec respectivement, un poids vif de 1872 et 1875 g, un indice de consommation de 1,77 et 1,78 et un index de performance de 281 et 279. Les observations portent sur 10 lots ITM et 10 lots CMA.

**Tableau 2 : résultats de croissance (n = 10).**

Groupes	ITM	CMA	P
Âge, jour	35,9 ± 1,4	36,2 ± 2,0	0,71
Poids Vif, g	1872 ± 110	1875 ± 85	0,94
Indice de consommation	1,77 ± 0,05	1,78 ± 0,08	0,75
Mortalité, %	4,5%	4,0%	0,64
Index de performance	281	279	/

L'homogénéité (tableau 3) est mesurée par le coefficient de variation du poids vif mesuré en élevage, sur 10 lots ITM et 10 lots CMA : elle est significativement améliorée, de 12,6% pour les lots ITM à 11,50% (P = 0,048) pour les lots CMA.

**Tableau 3 : homogénéité des lots.**

Groupes	ITM	CMA	P
CV du poids vif (%)	12,60 ± 1,5	11,50 ± 0,8	0,048

A l'abattoir, les meurtrissures de peau et les griffures récentes sont significativement réduites dans le lot CMA, respectivement de -8,2% (P = 0,014) et -11,6% (P = 0,020) (tableau 4). Les brûlures de tarse et les dermatites plantaires montrent également une tendance à la réduction dans le lot CMA, respectivement de -8,6% (P = 0,407) et -3,3% (P = 0,656).

**Tableau 4 : qualité de la peau des carcasses.**

Groupes	ITM	CMA	P
Lésions plantaires, % de notes 2+3	92,2	88,6	0,656
Brûlures de tarse, % de notes 2+3	36,5	27,9	0,407
Meurtrissures, %	89,9	82,8	0,014
Griffures anciennes, %	35,4	43,0	0,227
Griffures récentes, %	66,8	55,2	0,020

## CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude indiquent que nourrir des poulets avec des niveaux réduits en oligo-éléments sous forme de chélates d'hydroxy-analogue de méthionine peut contribuer à améliorer la qualité des carcasses à l'abattoir sans effet négatif sur les autres paramètres mesurés

## RÉFÉRENCES

- Dibner J.J., Richards J.D., Kitchell M.L., Quiroz M.A., 2007J. Appl. Poult. Res., 16 : 126-137  
 Richards J.R., Zhao J., Harrell R.J., Atwell C.A., Dibner J.J., 2010. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 23, (11): 1527-1534

*Douzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 05 et 06 avril 2017*



# INTÉRÊT DES CHÉLATES DE ZN, CU ET MN AVEC UN ANALOGUE DE MÉTHIONINE POUR LA QUALITÉ DE CARCASSE DU POULET DE CHAIR.

Bourdonnais Alain<sup>1</sup>, Buttin Pierre<sup>1</sup>, Alleno Christophe<sup>2</sup>, Vazquez-Anon Mercedes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Novus Europe SA/NV, Rue de Neerveldstraat 101-103, 1200 Bruxelles, Belgique,

<sup>2</sup> Zootests, Parc Technologique du Zoopôle, 22440 Ploufragan, France,

<sup>3</sup> Novus International, Inc., 20 Research Park Drive, St Charles, MO 63304, USA

## INTRODUCTION

Les lésions de peau de la carcasse du poulet conduisent à des saisies et des déclassements. La résolution de ces problèmes nécessite une approche multifactorielle comprenant l'origine génétique et les conditions d'élevage, d'abattage et d'alimentation. Partie intégrante de cette dernière, zinc, cuivre et manganèse sont des nutriments nécessaires en petites quantités, sensibles aux excès et à la compétition avec d'autres minéraux (Dibner et al., 2007 ; Richards et al., 2010). Par ailleurs, la réglementation européenne, dans un souci de protection de l'environnement, tend à limiter de plus en plus les niveaux maxima d'incorporation des oligo-éléments dans l'alimentation des animaux (selon le règlement européen 2016/1095 du 6 juillet 2016, le maximum pour le Zn passe de 150 ppm à 120 ppm en aliment volailles). Dans ce contexte, l'utilisation de formes plus biodisponibles de minéraux, comme les chélates d'oligo-éléments et d'analogue de méthionine, semble une possible voie d'amélioration. Cet essai est conduit au sein d'un groupement de production intégrée de volailles, pour évaluer l'intérêt de niveaux réduits d'oligo-éléments chélatés avec de l'hydroxy-analogue de méthionine (CMA, MINTREX®) comparés à des niveaux standards d'oligo-éléments inorganiques (ITM).

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'essai est réalisé par et sous le contrôle de la société Zootests, dans un groupement de production intégrée de volailles en Bretagne produisant typiquement des poulets de 1850 g à l'abattage.

- Deux bâtiments de poulets sont sélectionnés chaque semaine, pendant 10 semaines, pour obtenir 2 groupes de 10 répétitions. Les performances de croissance des lots précédents doivent être comparables pour les 2 bâtiments retenus chaque semaine, et les bâtiments avec problèmes techniques lors des précédents lots sont éliminés. Un seul type génétique est retenu (R99).

- **Le traitement contrôle** consiste en un programme alimentaire standard du commerce, avec Zn, Cu et Mn apportés sous forme ITM apportés aux doses respectives de 47-10-73 mg/kg jusqu'à 10 jours puis 40-10-40 mg/kg jusqu'à l'abattage.

- **Les lots expérimentaux** reçoivent les mêmes aliments mais avec Zn, Cu et Mn sous forme CMA aux doses réduites de 40-10-40 mg/kg jusqu'à 10 jours puis 32-8-32 mg/kg jusqu'à l'abattage (tableau 1).

- **Les performances zootechniques** des 20 lots sont fournies par le groupement de production et comprennent l'âge d'abattage, le poids vif, l'indice de consommation, la mortalité et l'index de performance (IP). Ce dernier est défini par le groupement de production par la formule IP = Gain Moyen Quotidien x Viabilité / Indice de Consommation x 10.

- **Mesures en élevage**: il s'agit du poids et de l'homogénéité. La veille de l'abattage (lorsque les animaux bougent peu) et pour chaque bâtiment de l'essai, 5 zones sont définies et délimitées par un parc grillagé léger d'environ 4 m<sup>2</sup>. Dans chaque zone, 70 poulets sont pesés individuellement. Par lot, environ 350 oiseaux sont ainsi pesés, servant de base au calcul du poids moyen du lot et de son homogénéité, mesurée par le coefficient de variation du poids vif.

- **Mesures à l'abattoir**: elles portent sur les lésions plantaires, les brûlures du tarse, les meurtrissures et les griffures. Selon le protocole du service Qualité de l'abattoir, 3 groupes de 100 carcasses chaudes sont retirées de la chaîne et étudiées pour chaque lot. Une grille de 3 notes (1 = pas de lésion, 2 = lésion moyenne, 3 = lésion sévère) est utilisée pour les lésions plantaires et les brûlures de tarse. Meurtrissures et griffures sont mesurées par leur pourcentage présence/absence.

- **Statistiques**: le logiciel SAS a été utilisé, en retenant le seuil de signification de P < 0,05 et le facteur étudié est le traitement CMA versus ITM. Les lots ont été comparés pour l'index de performance et l'âge moyen d'abattage. Pour les résultats zootechniques et l'homogénéité des poids vifs en élevage, l'unité expérimentale est le lot et le t de Student a été utilisé.

Tableau 1: description des aliments étudiés.

Zn-Cu-Mn (mg/kg)	ITM	CMA
0-10j	47-10-73	40-10-40
11-35j	40-10-40	32-8-32

## RÉSULTATS

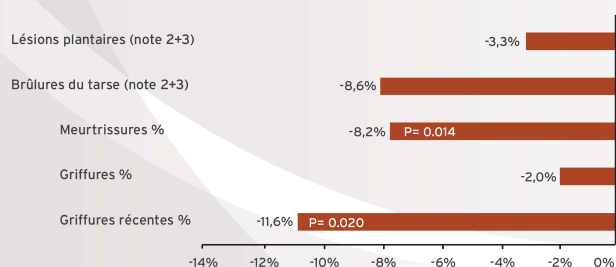
Les résultats de croissance sont similaires dans les groupes contrôle et CMA, avec respectivement, un poids vif de 1872 et 1875 g, un indice de consommation de 1,77 et 1,78 et un index de performance de 281 et 279. Les observations portent sur 10 lots ITM et 10 lots CMA.

L'homogénéité (tableau 2) est mesurée par le coefficient de variation du poids vif mesuré en élevage, sur 10 lots ITM et 10 lots CMA : elle est significativement améliorée, de 12,6% pour les lots ITM à 11,50% (P = 0,048) pour les lots CMA.

Tableau 2 : résultats de croissance (n = 10).

Groupes	ITM	CMA	P
CV du poids vif (%)	12,60 ± 1,5	11,50 ± 0,8	0,048

Tableau 3: Qualité de la peau des carcasses, % d'amélioration avec CMA versus ITM (base 0%)



A l'abattoir (tableau 3), les meurtrissures de peau et les griffures récentes sont significativement réduites dans le lot CMA, respectivement de -8,2% (P = 0,014) et -11,6% (P = 0,020) (tableau 3). Les brûlures de tarse et les dermatites plantaires montrent également une tendance à la réduction dans le lot CMA, respectivement de -8,6% (P = 0,407) et -3,3% (P = 0,656).

## CONCLUSIONS

Les résultats de cette étude indiquent que nourrir des poulets avec des niveaux réduits en oligo-éléments sous forme de chélates d'hydroxy-analogue de méthionine peut contribuer à améliorer la qualité des carcasses à l'abattoir sans effet négatif sur les autres paramètres mesurés

## RÉFÉRENCES

• Dibner J.J, Richards J.D., Kitchell M.L., Quiroz M.A., 2007. J. Appl. Poult. Res., 16 : 126-137 • Richards J.R., Zhao J., Harrell R.J., Atwell C.A., Dibner J.J., 2010. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 23, (11), 1527-1534 • Sun Q., Guo Y., Li J., Zhang T., Wen J., 2012. J.Poult.Sci., (49), 20-25

Adresse e-mail de l'auteur correspondant: alain.bourdonnais@novusint.com



## ITÉRÊT SUR LA PRODUCTION DE LA POULE PONDEUSE DE RÉDUIRE LES APPORTS DE ZN, CU ET MN SOUS FORME INORGANIQUE OU SOUS FORME DE CHÉLATES D'ANALOGUE DE MÉTHIONINE.

**Bourdonnais Alain<sup>1</sup>, Buttin Pierre<sup>1</sup>, Alleno Christophe<sup>2</sup>, Vazquez-Anon Mercedes<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Novus Europe SA/NV, Rue de Neerveldstraat 101-103, 1200 Bruxelles, Belgique, <sup>2</sup> Zootests, Parc Technologique du Zoopôle, 22440 Ploufragan, France, <sup>3</sup> Novus International, Inc., 20 Research Park Drive, St Charles, MO 63304, USA

[alain.bourdonnais@novusint.com](mailto:alain.bourdonnais@novusint.com)

### RÉSUMÉ

Cette étude évalue sur des pondeuses âgées l'effet d'apports réduits en zinc Zn, cuivre Cu et manganèse Mn, comparés à des niveaux commerciaux, sous forme inorganique (ITM) ou sous forme de chélates d'analogue de méthionine (CMA). 975 poules sont réparties dans 3 groupes de 13 cages contenant 25 oiseaux chacune. L'étude est divisée en 2 périodes : de 67 à 71 semaines tous les oiseaux reçoivent le même aliment du commerce, et de 73 à 84 semaines les oiseaux reçoivent les 3 traitements. Le traitement A, aliment pondeuse standard, contient Zn, Cu, Mn sous forme ITM aux doses respectives de 60-10-70 mg/kg. Le traitement B est formulé de façon similaire avec des niveaux réduits en Zn, Cu, Mn, respectivement 20-5-20 mg/kg, sous forme ITM. Le traitement C est similaire au traitement B avec CMA comme source d'oligo-éléments avec une correction des niveaux de méthionine de telle sorte que les 3 traitements sont isométhionines. A la semaine 71, après la période de pré-test, aucune différence n'est observable entre les traitements, avec une forte valeur de P, confirmant une répartition correcte des répétitions entre les traitements. A la semaine 84 le taux de ponte cumulé est significativement amélioré de 1.7% ( $P < 0.001$ ) pour le lot C, alors que la masse d'œufs cumulée tend à s'améliorer de 1.9% ( $P = 0.19$ ). L'indice de consommation du lot B tend à augmenter de 1.3% ( $P = 0.11$ ), pendant que celui du groupe C est amélioré de 1.8% versus le lot contrôle A et de 3.1% versus le lot B. Les résultats de cette étude indiquent que nourrir des pondeuses avec des niveaux réduits en Zn, Cu, Mn sous forme CMA est bénéfique à la production d'œuf sans effet négatif sur les autres paramètres mesurés.

### ABSTRACT

#### **Effect on layer production of reducing Zn, Cu and Mn with an inorganic source or with chelates of methionine analogue**

The study evaluated in aging layers the impact of reduced supplies of zinc Zn, copper Cu, manganese Mn compared to commercial levels, with inorganic sources (ITM) or chelates of methionine analogue (CMA). 975 white hens are allocated to 3 treatments of 13 cages of 25 birds each. The experiment is divided into 2 periods: from 67 to 71 weeks all birds receive the same commercial feed, and from 73 to 84 weeks the birds receive the 3 treatments. Treatment A is a standard commercial layer feed with Zn, Cu, Mn supplied as ITM with respective levels of 60-10-70 mg/kg. Treatment B is a similar formulation with reduced levels of Zn, Cu, Mn, respectively 20-5-20 mg/kg, supplied as ITM. Treatment C is similar to treatment B with CMA as source of Zn Cu, Mn with a correction of methionine levels so that the 3 treatments be isomethionine. At week 71, after the pre-test period, no difference between treatments is seen, with a high P value, confirming a correct repartition of replicates across treatments. At week 84 the cumulative laying rate is significantly improved by 1.7% ( $P < 0.001$ ) with group C, while the cumulative egg mass tends to improve by 1.9% ( $P = 0.19$ ). There is a tendency in feed conversion ratio with an increase of 1.3% ( $p=0.11$ ) for group B, while the treatment C is improved by 1.8% compared to control A and by 3.1% compared to treatment B. Present data indicates that, under the conditions of the study, feeding layers with reduced levels of Zn, Cu, Mn as CMA is beneficial to egg production without detrimental effects on other monitored parameters.

## INTRODUCTION

Zinc, cuivre et manganèse sont des nutriments nécessaires en petites quantités, sensibles aux excès et à la compétition avec d'autres minéraux (Dibner *et al.*, 2007 ; Richards *et al.*, 2010) : l'excès de zinc, comme son apport sub-optimal, est associé à de l'anorexie, alors que l'excès de manganèse est invoqué dans des cas de déformations osseuses et la carence en manganèse retarde la croissance. Le cuivre est impliqué dans les liaisons entre fibres, notamment le collagène et l'élastine. Concernant précisément la poule pondeuse, les 3 oligo-éléments ont un rôle important dans la formation et l'intégrité de la coquille : poids, résistance, texture et structure sont dépendants des apports en Zn, Cu et Mn (Sun *et al.*, 2012). On note aussi que lorsque les poules vieillissent, leurs performances de ponte (taux, qualité des œufs) tendent à diminuer ; or la filière ponte semble s'orienter vers des durées d'élevage de plus en plus longues. En effet, alors que la durée moyenne d'élevage des poules pondeuses est aujourd'hui autour de 85 semaines, certaines organisations de production en Europe expérimentent déjà des périodes de 100 semaines. Par ailleurs, la réglementation européenne, dans un souci de protection de l'environnement, tend à limiter de plus en plus les niveaux maxima d'incorporation des oligo-éléments dans l'alimentation des animaux (le maximum pour le Zn est passé de 150 ppm à 120 ppm en aliment volaille, règlement européen 2016/1095 du 6 juillet 2016). Dans ce contexte, l'utilisation de formes plus biodisponibles de minéraux, comme les chélates d'oligo-éléments et d'analogue de méthionine, semble une possible voie d'amélioration. Cette étude est réalisée sur des poules pondeuses âgées et évalue l'effet d'apports réduits en Zn, Cu et Mn, par rapport à des niveaux commerciaux usuels, sous forme inorganique (ITM) ou sous forme de chélates d'analogue de méthionine (CMA).

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'essai est réalisé par et sous le contrôle de la société Zootests, dans une ferme équipée pour des études de recherches en conditions de terrain. 975 poules blanches de souche commerciale sont réparties en 3 traitements de 13 cages de 25 oiseaux chacune.

- L'étude comprend 2 périodes:
  - de 67 à 71 semaines d'âge, toutes les poules reçoivent le même aliment du commerce (pré-test) ;
  - de 73 à 84 semaines d'âge, les poules reçoivent les 3 traitements.
- Traitements (voir tableau 1):
  - A est un aliment pondeuse standard contenant Zn, Cu, Mn sous forme ITM aux doses respectives de 60-10-70 mg/kg.
  - B est formulé de façon identique à A, avec des niveaux réduits en Zn, Cu, Mn, respectivement 20-5-20 mg/kg, sous forme ITM.
  - C est similaire à l'aliment B avec des chélates d'analogue de méthionine (CMA, Mintrex®)

**Tableau 1:** formule minérale des 3 aliments étudiés.

Traitements	Description	Zn-Cu-Mn (mg/kg)
A	ITM com (ox,sulf,ox)	60 – 10 – 70
B	ITM bas (ox,sulf,ox)	20 – 5 – 20
C	CMA bas	20 – 5 – 20

- Mesures réalisées: elles sont indiquées dans le tableau 2, avec le calendrier.

**Tableau 2** : Calendrier et mesures

Age (semaines)	Mesures et modalités
18	mise en place des poulettes, début de ponte
entre 67 et 84	-mortalité : relevé quotidien, par cage -consommation alimentaire : relevé des quantités consommées toutes les 2 semaines, par cage, -production d'œufs : comptage quotidien des œufs commercialisables, 5 jours par semaine, puis estimation de la production par semaine par règle de 3, -poids moyen d'œuf : toutes les 2 semaines, pesée individuelle de tous les œufs d'un jour de production par cage.
69	-poids des poules : pesée individuelle de toutes les poules d'une cage -qualité des œufs : poids de l'œuf et de la coquille (Sartorius), résistance de la coquille (MTS Synergie 200), couleur du jaune (Minolta)
73	début distribution aliments essais a-b-c
79	-poids des poules -qualité des œufs
84	-poids des poules -qualité des œufs

- Statistiques:

-l'unité expérimentale est la répétition de 25 poules, l'unité statistique est la cage ou l'œuf, selon le paramètre.

-Les mesures de la période 67 à 71 semaines permettent de vérifier la comparabilité des lots avant la distribution des produits expérimentaux.

-le seuil de signification retenu est 5% et le logiciel utilisé est le logiciel SAS.

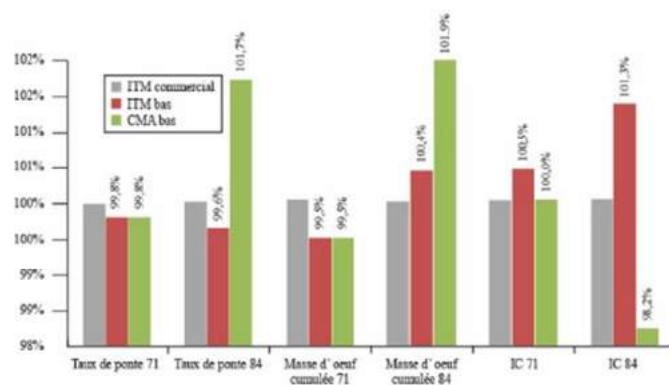
-L'effet du traitement alimentaire sur les paramètres quantitatifs mesurés est étudié par analyse de variance ; pour les paramètres qualitatifs (% de ponte, % cumulés de mortalité), on a utilisé le Chi2 et la régression logistique.

## RÉSULTATS

- A la semaine 71, après la période de pré-test (figure 1 et tableau 3), aucune différence n'est observable entre les traitements, avec une forte valeur de P pour tous les paramètres

mesurés, confirmant une répartition correcte des répétitions entre les traitements. De même, concernant les poids des poules et les paramètres de qualité de l'œuf avant le début de l'essai (mesurés semaine 69, tableau 4), aucune différence n'est notée entre les groupes.

- A la semaine 84 (voir figure 1 et tableau 3), le taux de ponte cumulé est significativement amélioré de 1.7% ( $P < 0.001$ ) pour le lot à CMA bas, alors que la masse d'œufs cumulée tend à s'améliorer de 1.9% ( $P = 0.19$ ). L'indice de consommation (IC) du lot ITM bas tend à augmenter de 1.3% ( $P = 0.11$ ), pendant que celui du groupe CMA bas est amélioré de 1.8% versus le lot contrôle et de 3.1% versus le groupe ITM bas.
- Aucun effet significatif ( $P < 0,05$ ) sur le poids des poules et la qualité de l'œuf n'est noté (tableau 5).

**Figure 1** : Résultats de ponte cumulés et indice de conversion

## CONCLUSION

Ces résultats indiquent que, dans les conditions de cette étude, nourrir des pondeuses âgées avec des niveaux réduits en Zn, Cu, Mn sous forme de chélates d'analogue de méthionine est bénéfique pour la production d'œufs sans effet négatif sur les autres paramètres mesurés.

**Tableau 3** : Taux de ponte cumulés, masses cumulées d'œufs et indices de consommation à 71 semaines (début essai) et 84 semaines (fin essai).

Paramètre	Taux de ponte cumulé à 71 sem., % (observations)	Taux de ponte cumulé à 84 sem., % (observations)	Masse d'œufs cumulée à 71 sem., kg/poule présente (observations)	Masse d'œufs cumulée à 84 sem., kg/poule présente (observations)	Indice de consommation à 71 sem. (observations)	Indice de consommation à 84 sem. (observations)
A	82,4 (10075)	78,2 (22233)	1,974 ± 0,070 (13)	4,283 ± 0,198 (13)	2,21 ± 0,09 (13)	2,26 ± 0,11 (13)
B	82,2 (9300)	77,9 (20593)	1,964 ± 0,068 (12)	4,300 ± 0,169 (12)	2,22 ± 0,09 (12)	2,29 ± 0,10 (12)
C	82,2 (10031)	79,5 (21966)	1,964 ± 0,068 (13)	4,366 ± 0,213 (13)	2,21 ± 0,07 (13)	2,22 ± 0,11 (13)
Probabilité	0,91	P < 0,001	0,92	0,19	0,87	0,11

**Tableau 4** : Poids des poules et qualité des œufs à 69 semaines d'âge.

Paramètres	Poids de poule (g, observations)	Poids de l'œuf (g, observations)	Elasticité coquille (N/m, observations)	Force de fracture (N, observations)	Couleur du jaune (b, observations)
A	1773 ± 190 (325)	66,5 ± 4,5 (201)	169,9 ± 25,6 (175)	34,9 ± 6,9 (175)	38,5 ± 3,4 (196)
B	1759 ± 178 (300)	66,2 ± 4,8 (206)	164,8 ± 27,7 (179)	32,8 ± 7,4 (198)	38,5 ± 3,1 (198)
C	1786 ± 212 (325)	66,7 ± 5,1 (174)	169,3 ± 24,8 (160)	34,4 ± 6,7 (160)	38,5 ± 2,9 (169)
Probabilité	0,736	0,318	0,164	0,053	0,971

**Tableau 5** : Poids des poules et qualité des œufs à 84 semaines d'âge.

Paramètres	Poids de poule (g, observations)	Poids de l'œuf (g, observations)	Elasticité coquille (N/m, observations)	Force de fracture (N, observations)	Couleur du jaune (b, observations)
A	1823 ± 211 (318)	68,3 ± 5,25 (408)	165,5 ± 29,3 (179)	32,6 ± 7,1 (179)	26,0 ± 2,5 (203)
B	1823 ± 224 (290)	67,9 ± 5,2 (380)	165,0 ± 25,9 (170)	32,9 ± 6,6 (170)	26,4 ± 2,3 (184)
C	1810 ± 222 (298)	68,2 ± 4,9 (401)	162,8 ± 28,0 (167)	32,2 ± 6,9 (167)	26,2 ± 2,1 (194)
Probabilité	0,573	0,113	0,792	0,367	0,092

## RÉFÉRENCES

- Dibner J.J., Richards J.D., Kitchell M.L., Quiroz M.A., 2007. J. Appl. Poult. Res., 16 : 126-137  
 Richards J.R., Zhao J., Harrell R.J., Atwell C.A., Dibner J.J., 2010. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 23, (11), 1527-1534  
 Sun Q., Guo Y., Li J., Zhang T., Wen J., 2012. J.Poult.Sci., (49), 20-25

# INTÉRÊT SUR LA PRODUCTION DE LA POULE PONDEUSE DE RÉDUIRE LES APPORTS DE ZN, CU ET MN SOUS FORME INORGANIQUE OU SOUS FORME DE CHÉLATES D'ANALOGUE DE MÉTHIONINE.

Bourdonnais Alain<sup>1</sup>, Buttin Pierre<sup>1</sup>, Alleno Christophe<sup>2</sup>, Vazquez-Anon Mercedes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Novus Europe SA/NV, Rue de Neerveldstraat 101-103, 1200 Bruxelles, Belgique,

<sup>2</sup>Zootests, Parc Technologique du Zoopôle, 22440 Ploufragan, France,

<sup>3</sup>Novus International, Inc., 20 Research Park Drive, St Charles, MO 63304, USA

## INTRODUCTION

Zinc, cuivre et manganèse sont des nutriments nécessaires en petites quantités, sensibles aux excès et à la compétition avec d'autres minéraux (Dibner et al., 2007 ; Richards et al., 2010) : l'excès de zinc, comme son apport sub-optimal, est associé à de l'anorexie, alors que l'excès de manganèse est invoqué dans des cas de déformations osseuses et la carence en manganèse retarde la croissance. Le cuivre est impliqué dans les liaisons entre fibres, notamment le collagène et l'élastine. Concernant précisément la poule pondeuse, les 3 oligo-éléments ont un rôle important dans la formation et l'intégrité de la coquille : poids, résistance, texture et structure sont dépendants des apports en Zn, Cu et Mn (Sun et al., 2012). On note aussi que lorsque les poules vieillissent, leurs performances de ponte (taux, qualité des œufs) tendent à diminuer ; or la filière ponte semble s'orienter vers des durées d'élevage de plus en plus longues. En effet, alors que la durée moyenne d'élevage des poules pondeuses est aujourd'hui autour de 85 semaines, certaines organisations de production en Europe expérimentent déjà des périodes de 100 semaines. Par ailleurs, la réglementation européenne, dans un souci de protection de l'environnement, tend à limiter de plus en plus les niveaux maxima d'incorporation des oligo-éléments dans l'alimentation des animaux (le maximum pour le Zn est passé de 150 ppm à 120 ppm en aliment volaille, règlement européen 2016/1095 du 6 juillet 2016). Dans ce contexte, l'utilisation de formes plus biodisponibles de minéraux, comme les chélates d'oligo-éléments et d'analogue de méthionine, semble une possible voie d'amélioration. Cette étude est réalisée sur des poules pondeuses âgées et évalue l'effet d'apports réduits en Zn, Cu et Mn, par rapport à des niveaux commerciaux usuels, sous forme inorganique (ITM) ou sous forme de chélates d'analogue de méthionine (CMA).

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'essai est réalisé par et sous le contrôle de la société Zootests, dans une ferme équipée pour des études de recherches en conditions de terrain. 975 poules blanches de souche commerciale sont réparties en 3 traitements de 13 cages de 25 oiseaux chacune.

- L'étude comprend 2 périodes :
  - de 67 à 71 semaines d'âge, toutes les poules reçoivent le même aliment du commerce (pré-test) ;
  - de 73 à 84 semaines d'âge, les poules reçoivent les 3 traitements.
- Traitements (voir tableau 1) :
  - A est un aliment pondeuse standard contenant Zn, Cu, Mn sous forme ITM aux doses respectives de 60-10-70 mg/kg.
  - B est formulé de façon identique à A, avec des niveaux réduits en Zn, Cu, Mn, respectivement 20-5-20 mg/kg, sous forme ITM.
  - C est similaire à l'aliment B avec des chélates d'analogue de méthionine (CMA, MINTREX<sup>®</sup>)

Tableau 1: formule minérale des 3 aliments étudiés.

Traitements	Description	Zn-Cu-Mn (mg/kg)
A	ITM com (ox, sulf, ox)	60-10-70
B	ITM bas (ox, sulf, ox)	20-5-20
C	CMA bas	20-5-20

- Mesures réalisées: elles sont indiquées dans le tableau 2, avec le calendrier.

Tableau 2: Calendrier et mesures

Age (Semaines)	Mesures et modalités
18	Mise en place des poulettes, début de ponte
entre 67 et 84	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mortalité: Relevé quotidien, par cage</li> <li>Consommation alimentaire: Relevé des quantités consommées toutes les 2 semaines, par cage.</li> <li>Production des œufs: Comptage quotidien des œufs commercialisables, 5 jours par semaine, puis estimation de la production par semaine par règle de 3.</li> <li>Poids moyen d'œuf: Toutes les 2 semaines, pesée individuelle de tous les œufs d'un jour de production par cage</li> </ul>
69	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poids des poules: Pesée individuelle de toutes les poules d'une cage</li> <li>qualité des œufs: Poids de l'œuf et de la coquille (Sartorius), résistance de la coquille (MTS Synergie 200), couleur du jaune (Minolta)</li> </ul>
73	début distribution aliments essais a-b-c
79	<ul style="list-style-type: none"> <li>poids des poules</li> <li>qualité des œufs</li> </ul>
84	<ul style="list-style-type: none"> <li>qualité des œufs</li> <li>poids des poules</li> </ul>

## STATISTIQUES:

-l'unité expérimentale est la répétition de 25 poules, l'unité statistique est la cage ou l'œuf, selon le paramètre.

-Les mesures de la période 67 à 71 semaines permettent de vérifier la comparabilité des lots avant la distribution des produits expérimentaux.

-le seuil de signification retenu est 5% et le logiciel utilisé est le logiciel SAS.

-L'effet du traitement alimentaire sur les paramètres quantitatifs mesurés est étudié par analyse de variance ; pour les paramètres qualitatifs (% de ponte, % cumulés de mortalité), on a utilisé le Chi2 et la régression logistique.

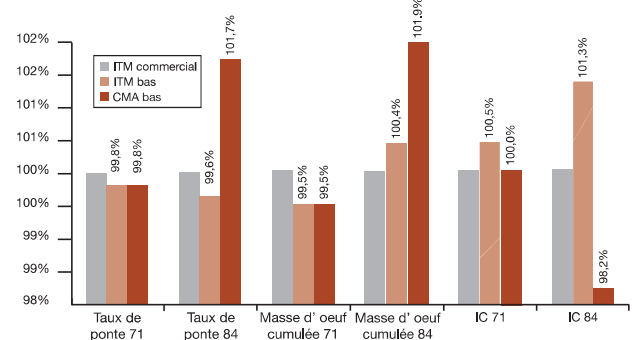
## RÉSULTATS

• A la semaine 71, après la période de pré-test (figure 1 et tableau 3), aucune différence n'est observable entre les traitements, avec une forte valeur de P pour tous les paramètres mesurés, confirmant une répartition correcte des répétitions entre les traitements. De même, concernant les poids des poules et les paramètres de qualité de l'œuf avant le début de l'essai (mesurés semaine 69, tableau 4), aucune différence n'est notée entre les groupes.

• A la semaine 84 (voir figure 1 et tableau 3), le taux de ponte cumulé est significativement amélioré de 1.7% (P < 0.001) pour le lot à CMA bas, alors que la masse d'œufs cumulée tend à s'améliorer de 1.9% (P = 0.19). L'indice de consommation (IC) du lot ITM bas tend à augmenter de 1.3% (P = 0.11), pendant que celui du groupe CMA bas est amélioré de 1.8% versus le lot contrôle et de 3.1% versus le groupe ITM bas.

• Aucun effet significatif (P < 0,05) sur le poids des poules et la qualité de l'œuf n'est noté.

Figure 1 : Résultats de ponte cumulés et indice de conversion.



## CONCLUSION

Ces résultats indiquent que, dans les conditions de cette étude, nourrir des pondeuses âgées avec des niveaux réduits en Zn, Cu, Mn sous forme de chélates d'analogue de méthionine est bénéfique pour la production d'œufs sans effet négatif sur les autres paramètres mesurés.

Tableau 3 : Taux de ponte cumulés, masses cumulées d'œufs et indices de consommation à 71 semaines (début essai) et 84 semaines (fin essai).

Paramètres	Taux de pontecumulé à 71 sem., % (observations)	Taux de ponte cumulé à 84 sem., % (observations)	Masse d'œufs cumulée à 71 sem., kg/poule présente (observations)	Masse d'œufs cumulée à 84 sem., kg/poule présente (observations)	Indice de consommation à 71 sem., (observations)	Indice de consommation à 84 sem., (observations)
A	82.4 (10075)	78.2 (22233)	1,974 ± 0,070 (13)	4,283 ± 0,198 (13)	2,21 ± 0,09 (13)	2,26 ± 0,11 (13)
B	82.2 (9300)	77.9 (20593)	1,964 ± 0,068 (12)	4,300 ± 0,169 (12)	2,22 ± 0,09 (12)	2,29 ± 0,10 (12)
C	82.2 (10031)	79.5 (21966)	1,964 ± 0,068 (13)	4,366 ± 0,213 (13)	2,21 ± 0,07 (13)	2,22 ± 0,11 (13)
Probabilité	0,91	P < 0,001	0,92	0,19	0,87	0,11

## RÉFÉRENCES

• Dibner J.J., Richards J.D., Kitchell M.L., Quiroz M.A., 2007. J. Appl. Poult. Res., 16 : 126-137 • Richards J.R., Zhao J., Harrell R.J., Atwell C.A., Dibner J.J., 2010. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 23, (11), 1527-1534 • Sun Q., Guo Y., Li J., Zhang T., Wen J., 2012. J. Poult. Sci., (49), 20-25. Adresse e-mail de l'auteur correspondant: alain.bourdonnais@novusintl.com

## MODULATION DU MICROBIOTE INTESTINAL ET DU METABOLISME LIPIDIQUE CHEZ LE CANARD MULARD

Maxime Even<sup>1</sup>, Stéphane DAVAIL<sup>1</sup>, Karine GONTIER<sup>1</sup>, Annabelle TAVERNIER<sup>1</sup>, Marie-Dominique BERNADET<sup>2</sup>, Karine BRUGIRARD-RICAUD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR INRA 1419 NuMÉA (Nutrition, Métabolisme, Aquaculture), IUT Pays de l'Adour, 371 rue du ruisseau, F-40002 Mont de Marsan, France ; <sup>2</sup>Unité Expérimentale Palmipèdes à Foie Gras Inra Bordeaux-Aquitaine  
Domaine d'Artiguères 1076, route de Haut Mauco 40280 Benquet France

[karine.brugirardricaud@univ-pau.fr](mailto:karine.brugirardricaud@univ-pau.fr)

### RÉSUMÉ

Le microbiote intestinal est un environnement complexe et joue un rôle fondamental dans la régulation de la physiologie et du métabolisme de son hôte. Si de nombreuses études menées récemment chez le poulet ont permis de confirmer ces effets, les travaux menés spécifiquement chez les canards sont plus rares. Les études précédemment réalisées au laboratoire ont permis de caractériser l'implantation du microbiote chez le caneton et sa composition chez le canard avant et pendant le gavage. Il a été ainsi mis en évidence une plasticité initiale du microbiote ainsi qu'un rôle potentiel des *Lactobacillus* durant la phase de gavage. Pour comprendre le rôle fonctionnel du microbiote intestinal, et en particulier celui des *Lactobacillus*, dans la mise en place de la stéatose hépatique chez le canard, nous avons donc supplémenté des canards avec des probiotiques incluant des souches de *Lactobacillus* de l'éclosion à la fin de la période de gavage. L'analyse des résultats zootechniques n'a pas montré d'effet significatif de la supplémentation sur les performances des animaux. L'étude de l'expression des gènes du métabolisme lipidique et de la réponse immunitaire n'a pas montré non plus d'effet significatif des probiotiques. Néanmoins, l'expression de gènes marqueurs de la stéatose hépatique a bien été modifiée suite au gavage, ainsi que deux marqueurs de la réponse immunitaire. Les phyla bactériens majoritaires sont les *Firmicutes*, *Bacteroidetes* et *Proteobacteria*. La supplémentation en probiotique modifie très peu la composition du microbiote intestinal en comparaison des effets du gavage.

### ABSTRACT

#### Modulation of intestinal microbiota and lipid metabolism in mule ducks

The intestinal microbiota is a complex environment and plays a fundamental role in its host. While many studies in chickens have recently been conducted in this direction, studies in ducks are less common. Previous studies from the laboratory allow us to characterize the implantation of the microbiota in ducklings and its composition in the duck before and during overfeeding. It was demonstrated an initial plasticity of the microbiota and a potential role of the *Lactobacillus* genus during the overfeeding. In order to understand the functional role of the intestinal microbiota and in particular the *Lactobacillus* genus, in the hepatic steatosis in the duck, we supplemented ducks with probiotics including *Lactobacillus* strains from hatching to the end of overfeeding. The analysis of animal performance did not show any significant effect of supplementation. The study of the metabolism and immune response expression genes did not allow us to conclude on an effect of probiotics. The effect of overfeeding allowed us to see a modification on immune gene expression. Major bacterial phyla are *Firmicutes*, *Bacteroidetes* and *Proteobacteria*. The supplementation affects very slightly intestinal microbiota composition in comparison to the effect of overfeeding.

## INTRODUCTION

Le microbiote intestinal est un environnement complexe et joue un rôle fondamental chez son hôte, notamment dans la régulation du métabolisme lipidique de son hôte, expliquant en partie les phénomènes d'obésité (Bäckhed et al., 2004). Si de nombreuses études menées récemment chez le poulet vont dans ce sens (Jin et al, 1998 ; Yin et al, 2010; Zhao et al, 2013) les travaux menés spécifiquement chez les canards sont plus rares.

Les études déjà menées au laboratoire ont permis de connaître la composition du microbiote intestinal des canards Pékin, Barbarie et mulard avant et au cours du gavage (Vasai et al, 2014ab). Ainsi, les phyla majoritaires sont les *Firmicutes* et les *Bacteroides* (Vasai et al, 2014ab). Une corrélation entre la capacité à réaliser une stéatose hépatique (Barbarie et mulard) ou un engraissement périphérique (Pékin) et la composition du microbiote avant gavage a été mise en évidence (Davail et al, 2003 ; Vasai et al, 2014ab). Ainsi, avant gavage, le canard mulard a un microbiote proche de celui du canard Barbarie au niveau des classes et des genres (genre dominant : *Clostridium*) alors que le canard Pékin a comme genres dominants *Streptococcus* et *Enterococcus*.

De plus, au cours du gavage, le changement d'alimentation favorise fortement le genre *Lactobacillus* au niveau de l'iléon (Vasai et al, 2014ab). Une autre étude menée au laboratoire sur la mise en place du microbiote chez le caneton a mis en évidence une implantation séquentielle du microbiote ainsi qu'un effet génétique sur sa composition (Rey et al, 2015). Ainsi, les bactéries de la classe des *Bacilli* sont plus abondantes chez le canard Pékin que les canards de Barbarie et mulard confirmant l'effet génétique décrit précédemment (Vasai et al, 2014ab). Il en a été conclu que le microbiote présentait une plasticité initiale mais qu'il tendait vers un équilibre (Rey et al, 2015).

Ces données suggèrent que c'est dès la phase de démarrage qu'il est possible d'intervenir pour réorienter le microbiote des canetons quand le microbiote est encore suffisamment plastique. De plus, le genre *Lactobacillus* pourrait être une cible privilégiée afin d'orienter le microbiote pour améliorer le gavage, notamment une souche à plus forte activité amylolytique afin de favoriser la digestibilité de l'amidon. L'objectif de cette étude est donc de comprendre le rôle fonctionnel du microbiote intestinal, et en particulier celui des *Lactobacillus*, lors de la mise en place de la stéatose hépatique chez le canard. Pour cela, nous avons étudié la réponse métabolique et physiologique du canard mulard lors de la supplémentation en probiotiques incluant des

souches de *Lactobacillus*, pendant les phases d'élevage et de gavage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Sélection et supplémentation des souches dans l'aliment

Deux probiotiques ont été sélectionnés pour la conduite de cette expérimentation. Le premier est une souche endogène isolée par méthode culturale sur milieu MRS/Rogosa (VWR chemicals) à partir du contenu digestif iléal d'un canard en fin de gavage sélectionnée pour sa forte activité amylolytique. Cette souche a ensuite été identifiée comme un *Lactobacillus salivarius* par séquençage du gène codant l'ARN 16S. Le second probiotique est un produit commercial composé d'un mix de souches isolées du poulet contenant une souche de *Lactobacillus salivarius*, de *Bifidobacterium* spp., d'un *Enterococcus faecium* et d'un *Pediococcus acidilactici*. La supplémentation des animaux a été réalisée par ajout des probiotiques dans l'aliment à une charge bactérienne de  $2.10^8$  UFC/g d'aliment. La présence des bactéries a été contrôlée dans l'aliment granulé jusqu'à 3 jours après son ajout. La concentration est diluée par un facteur 10.

### 1.2 Conduite d'élevage

150 canards mâles mulards ont été répartis en 3 groupes expérimentaux égaux. Le premier groupe n'a pas reçu de probiotique durant l'ensemble de l'expérimentation (Groupe témoin). Le second groupe a reçu la souche endogène (Groupe A). Enfin le troisième groupe a reçu le mix de souches (Groupe B). Durant la phase d'élevage (0 à 84 jours), l'ensemble des animaux concernés a reçu la (les) souche(s) adéquate(s) dans l'aliment tous les jours de l'élevage. A la mise en gavage (85 jours), les groupes A et B ont été divisés en deux sous-groupes égaux. Un des sous groupe continuait à recevoir le probiotique durant le gavage à chaque repas (modalité +) et l'autre ne le recevait plus (modalité -). Cela représente donc 3 modalités pendant la phase d'élevage et 5 durant la phase de gavage, gavage comprenant 21 repas et 11 jours.

De la naissance (jour 1) à 3 jours d'âge, les animaux ont été alimentés *ad libitum* avec des granulés fournissant 2822 kcal/kg et un taux de MAT de 22.6 %. De 4 jours jusqu'à 28 jours, les animaux ont été nourris *ad libitum* avec des granulés de 2 mm pour une alimentation fournissant 2753 kcal / kg et un taux de MAT de 17,5 %, suivi par une journée de transition (29 jours d'âge) avec un sixième de l'aliment précédent et cinq sixième de l'aliment suivant. De 30 à 65 jours, les canards ont été nourris *ad libitum* avec des granulés de 4mm fournissant 2803 kcal / kg pour une MAT de 15 %. De 66 à 84

jours, les canards ont été nourris avec les mêmes granulés avec un accès horaire restreint.

Durant la phase d'élevage, les animaux ont été élevés dans le même bâtiment, chauffé à 28°C lors de l'arrivée des canetons, dans trois loges collectives, isolées les unes des autres pour éviter les contaminations croisées. A partir de 7 jours d'âge, la température a été graduellement baissée. Aucun chauffage n'a été fourni à partir de 28 jours d'âge. De 28 jours à la mise en gavage, les animaux ont eu accès au parcours extérieur couvert durant la journée.

### 1.3. Mesures et prélèvements

Le suivi de croissance individuelle des animaux a été réalisé une fois par semaine et trois fois par semaine pour le suivi de consommation par loge. Deux points de prélèvements ont été réalisés : un premier à 15 jours (P1) et un second en fin de gavage à 97 jours (P2). Les canards ont été tués par exsanguination après éthernarcose (15 animaux/modalités). Les plasmas ont été récupérés (après centrifugation du sang) à l'abattage en vue de mesurer les glycémies et triglycéridémies. Des mesures de poids de muscle (*pectoralis major*), de foie et de gras abdominal ont été réalisées à chacun des points de prélèvements. Des prélèvements de foie, muscle (*pectoralis major*), de gras abdominal et de gras sous cutané ainsi que de scrapping sur les muqueuses intestinales (jéjunum) ont été réalisés en vue d'analyser l'expression génique de gènes cibles chez le canard. Les contenus digestifs de l'iléon et des caeca ont été recueilli en vidant les organes par une pression, immédiatement pesés et stockés à - 80°C avant l'extraction.

### 1.4. Mesure de l'expression génique

Afin de mesurer l'expression des gènes d'intérêt du métabolisme lipidique et de la réponse immunitaire, les ARNs totaux ont été extraits au Trizol (Invitrogen/Life technologies) à partir des tissus congelés, avec 100 mg (foie), 200 mg (muscle) et 500 mg (gras abdominal et gras sous cutané) de tissus comme matrice de départ. Les échantillons (n=6/modalité) ont été broyés dans 1mL de Trizol avec un Ultra-Turrax (IKA), puis les recommandations du fournisseur ont été suivies. La rétro-transcription des ARNs a été réalisée grâce à l'enzyme Superscript III (Invitroge Ltd). Elle rétro-transcrit indistinctement tous les ARNs à partir d'amorces aléatoires (Random primer, Promega) et d'oligonucléotides à queue poly-T (OligodT, Promega) et de polynucléotides (dNTP, Promega). Les ADNc synthétisés ont été ensuite quantifiés par PCR en temps réel (StepOne AppliedBiosystem) dans un volume final de 15µL : 2µL d'ADNc et 13µL de premix : (5.5µL de SybGreen FASTmix ROX(Hoefer) +7.5µL d'amorces forward+reverse 15µM).

Les ADNc correspondant aux ARNm ont été amplifiés grâce à l'utilisation d'amorces spécifiques aux gènes cibles, dessinées au laboratoire à l'aide de Primer3 (Tavernier et al, 2016). La quantification des ADNc des gènes d'intérêt a été normalisée contre la quantification d'un gène de référence, le gène *actB* codant pour une protéine impliquée dans le cytosquelette d'actine.

L'expression génique est exprimée en  $2^{-\Delta\Delta Ct}$  +/- SEM, avec  $\Delta Ct = Ct \text{ gène d'intérêt} - Ct \text{ gène de réf.}$  et  $\Delta\Delta Ct = \Delta Ct_{\text{tech}} - \Delta Ct_{\text{référence}}$ . Le groupe de référence qui détermine la valeur du  $\Delta Ct$  référence est le groupe témoin (sans probiotique) avant gavage (point de prélèvement 1).

### 1.5 Caractérisation du microbiote intestinal

#### 1.5.1 Séquençage

Afin de caractériser les populations microbiennes au niveau des contenus digestifs, l'ADN bactérien génomique total des échantillons d'iléon et de caeca (n=5/modalité) a été extrait en utilisant le kit QIAampFast DNA stool minikit (QiagenGmbH, Hilden, Allemagne) selon les instructions du fabricant. Des amplicons des régions V3-V4 du gène codant l'ARNr 16S ont ensuite été générés par PCR. La préparation des amplicons a été effectuée dans un volume total de 50 µL contenant 1 U de TAQ polymérase et son tampon (MTP Taq ADN polymérase, Sigma), 200 µM de dNTP (Sigma), 0,2 µM de chaque amorce (amorce sens 343F: TACGGRAGGCAGCAG, amorce anti-sens 784R: TACCAGGGTATCTAATCCT) et 2 µL de matrice d'ADN. La pureté des produits PCR a été contrôlée par électrophorèse (1% agarose/ TBE).

L'identification des populations microbiennes a été réalisée par séquençage Illumina MiSeq des amplicons générés selon la méthode décrite par (Lluch et al., 2015).

#### 1.5.2 Analyse de séquençage

Tous les outils informatiques utilisés pour l'analyse du séquençage sont disponibles dans le pipeline FROGS de la plateforme Galaxie, développé par la plateforme bioinformatique de Toulouse (Escudie F. et al, 2015). Seuls les groupes bactériens présents dans au minimum 3 échantillons et représentant au moins 0,005% des séquences totales (Bokulich et al, 2013) ont été retenus. L'affiliation a été réalisée par BLAST sur la base de données Silva16S.

### 1.6. Analyses statistiques

L'ensemble des résultats zootechniques (n=15/modalité) et d'expression génique ((n=6/modalité) et d'expression de gène a été analysé par ANOVA 1 voie (groupes et âges indépendant) et 2 voies (interaction âge/groupes) sous le logiciel R. Un test de Tukey a été réalisé en cas de différence significative. Pour le microbiote, les tables d'OTU (operational taxonomic unit) obtenues après l'analyse



FROGS ont été analysées sous le logiciel R avec le package Phyloseq.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1 Résultats zootechniques et développement des organes

En cours de l'élevage, le suivi de consommation d'aliment et le suivi de croissance, ainsi que la pesée des tissus aux 2 points de prélèvements n'ont montré aucune différence significative en fonction du groupe expérimental. L'ajout de probiotique n'a donc pas eu d'effet sur l'appétence des aliments et la croissance des animaux, ainsi que sur le poids des organes. L'ajout de probiotiques n'a donc pas montré d'effet sur le développement des canards.

### 2.2 Glycémie et triglycéridémie

Les dosages biochimiques de la glycémie et de la triglycéridémie n'ont pas montré d'effet des probiotiques avant et en fin de gavage.

### 2.3 Métabolisme lipidique et réponse immunitaire

La mesure de l'expression des principaux gènes du métabolisme lipidique impliqués dans la stéatose hépatique n'a montré ni interaction entre l'effet gavage et l'effet probiotique, ni effet significatif de la supplémentation en probiotiques (Tableau 1). Néanmoins les gènes marqueurs de la stéatose hépatique ont été augmentés par le gavage en accord avec des travaux récemment publiés au laboratoire (Tavernier et al, 2016).

Tableau 1. Analyses ANOVA sur l'expression relative des gènes du métabolisme lipidique et de la réponse immunitaire dans différents tissus en fonction du gavage et du groupe expérimental

Gène	Tissu	Effet gavage	Effet probiotique
IL 8	Jéjunum	ND	ns
LITAF	Jéjunum	**	A+=A- > B+ (*)
PPAR	Jéjunum	**	ns
FABP4	Foie	*	ns
FAT/CD36	Foie	*	ns
FASN	Foie	***	ns
FASN	Muscle	ND	ns

ND : données non disponibles, pas de mesures à 15j ; ns : non significatif, (\*)  $P < 0.10$  ; \* =  $P < 0.05$ , \*\* =  $P < 0.01$ , \*\*\* =  $P < 0.01$  ; Absence d'interaction Gavage x Probiotique

Ces gènes marqueurs sont impliqués notamment dans la lipogénèse *de novo* (FASN) ainsi que dans le

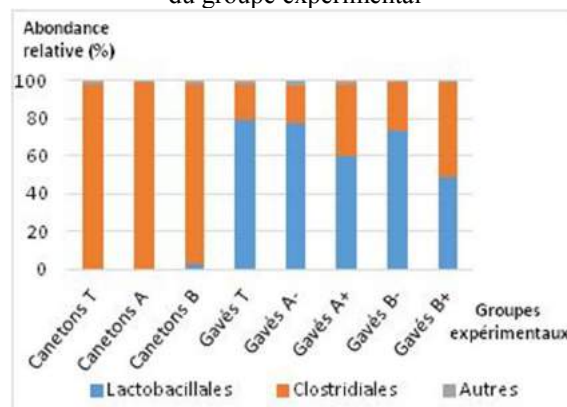
transport des acides gras (FABP4 et FAT/CD36). En effet, lors du gavage, l'apport massif en glucose, issu de la digestion de l'amidon de maïs, au niveau du foie, entraîne une lipogénèse importante conduisant à une stéatose hépatique. Une exportation faible (Chartrin et al, 2006) et un recaptage important des acides gras circulant au niveau du foie (Tavernier et al, 2016) en fin de gavage augmente le phénomène de stéatose hépatique. L'expression de FASN, gène impliqué dans lipogénèse *de novo* au niveau du foie, augmente significativement ( $P < 0.001$ ) au cours du gavage. L'expression des gènes impliqués dans le transport des lipides augmente également, comme le montre l'expression de FABP4 ( $P < 0.05$ ) tandis que FAT/CD36 diminue.

La mesure de l'expression des gènes de la réponse immunitaire (IL8, PPAR, LITAF) n'a montré ni interaction entre l'effet gavage et l'effet probiotique, ni effet significatif de la supplémentation (Tableau 1). En revanche, l'expression du gène LITAF est plus faible en fin de gavage. Ce gène code pour un facteur de transcription impliqué dans la réponse pro-inflammatoire en réponse à la présence de Lipopolysaccharide (LPS). La diminution de l'expression de LITAF pourrait être liée à la diminution de la réponse pro-inflammatoire durant le gavage comme observé chez l'oie (Liu et al, 2016).

### 2.4 Composition du microbiote intestinal

Comme décrit précédemment (Vasai et al, 2014ab), le phylum dominant au niveau de l'iléon chez les canetons est celui des *Firmicutes* (jusqu'à 98% d'abondance relative). Au sein des *Firmicutes*, les ordres dominants sont les *Clostridiales* avant le gavage, et les *Lactobacillales* en fin de gavage (figure 1). Ces résultats sont cohérents avec les précédentes observations réalisées au laboratoire (Rey et al, 2015; Vasai et al, 2014 ab).

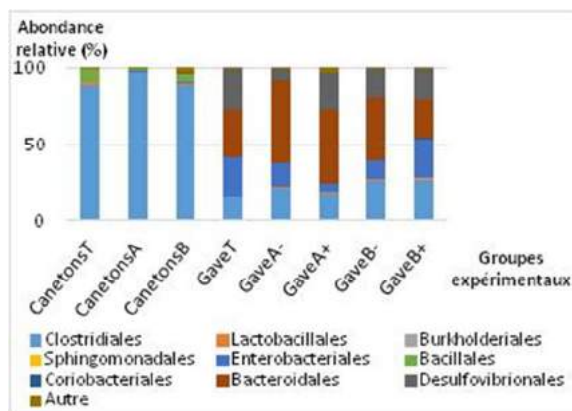
Figure 1. Abondance relative des ordres bactériens dans les iléons de canetons et de canards en fonction du groupe expérimental



Les groupes canetons correspondent aux 3 modalités du point de prélèvement 1, avant gavage. Les groupes gavés correspondent aux 5 modalités du point de prélèvement 2, après gavage

Au niveau des caeca, le phylum dominant avant gavage est celui des *Firmicutes* (jusqu'à 97% d'abondance relative), tandis qu'à la fin du gavage les phyla dominants sont ceux des *Proteobacteria*, des *Bacteroidetes* et celui des *Firmicutes* (respectivement 50, 30 et 15% d'abondance relative). L'ordre majoritaire chez les *Firmicutes* est celui des *Clostridiales* indépendamment du point de prélèvement. Après gavage, l'ordre majoritaire chez les *Proteobacteria* est celui des *Enterobacteriales*. Chez les *Bacteroidetes* l'ordre majoritaire est celui des *Bacteroidales*. Ces données sont en accord avec des études récentes (Rey et al, 2015, ; Vasai et al, 2014 ab).

**Figure 2.** Abondance relative au niveau des ordres bactériens dans les caeca de canetons et de canards en fonction du groupe expérimental



Les groupes Canetons correspondent aux 3 modalités du point de prélèvement 1, avant gavage. Les groupes gavés correspondent aux 5 modalités du point de prélèvement 2, après gavage

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bäckhed F, Ding H, Wang T, Hooper L.V, Koh G.Y, Nagy A, Semenkovich C.F, Gordon J.I, 2004. Proc Natl Acad Sci U S A.; (44), 15718–15723
- Bokulich N.A, Subramanian S, Faith J.J, Gevers D, Gordon J.J, Knight R, Mills D.A, Caporaso J.G, 2013. Nature Methods., (10), 57–59
- Chartrin P, Bernadet M.D, Guy G, Mourot J, Hocquette J.F, Rideau N, Duclos M, Baéza E, 2006. Comparative Biochemistry and Physiology (145), 390–396
- Davail S, Rideau N, Guy G, Hoo-Paris R, 2003. Comparative Biochemistry and Physiology., (4), 707-715
- Escudie F, Auer L, Bernard M, Cauquil L, Vidal K, Maman S, Mariadassau M, Hernandez Raquet G, Pascal G, 2015. Conference: -Pathobiome 2015, At National Veterinary School (ENVA), Maisons-Alfort
- Jin L.Z, Ho Y.W, Abdullah N, Jalaludin S, 1998. Lett Appl Microbiol. (3):183-5.
- Liu L, Zhao X, Wang Q, Sun X, Xia L, Wang Q, Yang B, Zhang Y, Montgomery S, Meng H, Geng T, Gong D, 2016. Scientific Reports 6, Article number: 31763
- Lluch J, Servant F, Païssé S, Valle C, Valière S, Kuchly C, Vilchez G, Donnadieu C, Courtney M, Burcelin R, Amar J, Bouchez O, Lelouvier B, 2015. PLoS One 10(11): e0142334.
- Rey M, Brugirard Ricaud K, Bernadet M.D, Davail S, JRA-JRPF2017, 24 et 25 mars 2015, Tours
- Tavernier A, Davail S, Ricaud K, Bernadet M.D, Gontier K, 2016. Mol. Cell. Biochem., doi:10.1007/s11010-016-2850-7
- Vasai F, Brugirard Ricaud K, Bernadet M.D, Cauquil L, Bouchez O, Combes S, Davail S, 2014a. FEMS Microbiol Ecol. (1), 204-216.
- Vasai F, Brugirard Ricaud K, Cauquil L, Daniel P, Peillod C, Gontier K, Tizaoui A, Bouchez O, Combes S, Davail S, 2014b. Poult Sci. (4), 916-925.
- Yin Y, Lei F, Zhu L, Li S, Wu Z, Zhang R, Gao G.F, Zhu B, Wang X, 2010. The ISME Journal (4), 367–376
- Zhao X, Guo Y, Guo S, Tan J, 2013. Applied Microbiology and Biotechnology Vol.97, (14) 6477–64.

La supplémentation en probiotique quant à elle n'a eu que très peu d'effet sur la composition du microbiote intestinal en terme de phylum et d'ordre (données non montrées). Cependant, il est important d'étudier des niveaux taxonomiques inférieurs (Famille, Genre, Espèces, Souches) pour conclure sur la présence ou non d'éventuelles différences. Cette absence d'effet à ce jour, sur les paramètres étudiés de la supplémentation pourrait être due à une charge bactérienne insuffisante ou à un mode d'inoculation inapproprié mais nécessite néanmoins d'être approfondi (viabilité de la souche et capacité de la détecter spécifiquement dans les intestins).

## CONCLUSION

L'ajout de probiotiques dès la phase de démarrage n'a pas modifié les performances zootechniques des animaux. L'étude de l'expression de gènes du métabolisme et de la réponse immunitaire chez le canard n'a également pas permis de mettre en évidence un effet significatif de la supplémentation sur l'hôte. Toutefois, dans les cas de challenge tests, ces probiotiques pourraient présenter un effet barrière ou antimicrobien intéressant dans le cadre de maîtrise de condition sanitaire dégradée.

Quant au microbiote, l'étude de sa composition en terme de phyla et d'ordres bactériens, n'a pas permis de mettre en évidence d'effet des probiotiques, mais l'étude à des niveaux taxonomiques inférieurs est nécessaire pour déterminer la présence ou non de différences.

# EFFET DE L'UTILISATION D'UN MELANGE D'ACIDES ORGANIQUES ET D'HUILES ESSENTIELLES MICRO ENCAPSULÉS SUR LES PERFORMANCES ET LE MICROBIOTE INTESTINAL DE POULETS DE CHAIR

Roche Ségolène<sup>1</sup>, Sary Kathleen<sup>2</sup>, Scott Peter<sup>3</sup> and Wilson Tim<sup>3</sup>,

<sup>1</sup>JEFO Europe, 2 rue Claude Chappe, Espace Performance La Fleuriaye, 44 481  
CARQUEFOU, FRANCE ([sroche@jefo.ca](mailto:sroche@jefo.ca))

<sup>2</sup>JEFO Nutrition, 5020 avenue Jefe, SAINT-HYACINTHE, J2R 2E7, QC, CANADA

<sup>3</sup>Scolexia Animal and Avian Health, 16 Learmonth Street, Moonee Ponds, 3039 VICTORIA, AUSTRALIE

## RÉSUMÉ

Le microbiote intestinal est un élément clé de la santé intestinale et pourrait influencer les performances des volailles. L'objectif de l'étude est d'évaluer le microbiote intestinal et les performances de poulets de chair qui reçoivent un mélange d'acides organiques et d'huiles essentielles micro encapsulés AOm+HEm. Un total de 612 poussins Ross 308 d'un jour a été aléatoirement réparti en trois traitements (204 animaux chacun) de 12 répétitions : 1) Aliment + 100 ppm lasalocide (Contrôle); 2) Contrôle + 300 ppm AOm+HEm; et 3) Contrôle + 1500 ppm AOm+HEm. Le poids des oiseaux élevés en parquet et la consommation ont été mesurés hebdomadairement jusqu'à 28 jours d'âge. Les contenus caecaux à 14 et 28 j ont été prélevés puis les profils du microbiote ont été effectués par séquençage de l'ARNr 16S et analysés par le logiciel QIIME. L'analyse des données a été réalisée avec une ANOVA. Les poids des oiseaux de AOm+HEm 300 ppm et 1500 ppm sont significativement augmentés par rapport au contrôle à 21 j et à 28 j pour AOm+HEm 300 ppm. L'IC ne diffère pas entre les traitements ; cependant, il y a une tendance à l'amélioration de l'IC de 14 à 21 j pour AOm+HEm 300 ppm et 1500 ppm, tout comme de 21 à 28 j pour AOm+HEm 300 ppm. La richesse et l'uniformité du microbiote sont similaires pour tous les traitements dans les caeca à 14 et 28 j. Concernant la composition du microbiote, des modifications ont été observées. En particulier, à 28 j dans les caeca, avec AOm+HEm 300 ppm et 1500 ppm, l'abondance de bactéries de l'ordre des clostridiales a baissé, et avec AOm+HEm 1500 ppm, l'abondance relative de bactéries du genre *Lactobacillus* a fortement augmenté. En conclusion, la supplémentation de AOm+HEm sur des poulets de chair ne modifie pas la diversité du microbiote mais modifie sa composition ce qui pourrait expliquer les effets observés sur les performances zootechniques.

## ABSTRACT

### Performance and Intestinal Microbial Profile of Broiler Chickens Supplemented with a Blend of Protected Organic Acids and Essential Oils

The increasing concern about the use of antibiotics in poultry production has changed the ways in which producers manage the birds' overall health. Currently, alternative products are added in poultry feeds to prevent and control GI-tract infections that adversely affect performance. A study was conducted to determine the effects of a blend of protected organic acids and essential oils OAm+EOM in performance and intestinal microbiota of broiler chickens. A total of 612 Ross 308 day old chicks were randomly assigned to receive 3 treatments (each 204 animals) with 12 replicates: 1) basal diet + 100 ppm lasalocid (Control), 2) Control + OAm+EOM 300 ppm, and 3) Control + OAm+EOM 1500 ppm. Chickens were weight by pens and feed intake measured weekly until 28 days. On d 14 and 28, 1 bird from each pen was sacrificed to collect intestinal samples for microbiota analysis using high-throughput sequencing based on 16S rRNA genes and analyzed with QIIME software. The statistical analysis was made with ANOVA. The BW of birds in OAm+EOM 300 ppm and 1500 ppm at d 21 was significantly increased relative to control, as was the BW of birds in OAm+EOM 300 ppm at d 28. The FCR was not different between treatments; however, there was a trend towards improved FCR at d 21 in OAm+EOM 300 ppm and 1500 ppm, as well as at d 28 in OAm+EOM 300 ppm. Sequencing data at d 14 and 28 revealed retained complexity and overall structure of the cecal microbiota across treatments. At 28 days, in the caeca, a reduction of abundance of the *Clostridiales* order was observed with OAm+EOM 300 ppm and 1500 ppm, and an increase of the abundance of *Lactobacillus* species was found with OAm+EOM 1500 ppm. Overall, the supplementation of a blend of OAm+EOM had no adverse effect on the microbial diversity of the intestine and appears to offer benefits with respect to gut health and productivity in broiler chickens.

## INTRODUCTION

La filière volaille est toujours à la recherche de moyens d'amélioration de sa rentabilité technico-économique. Des solutions alternatives ont été introduites dans les productions de volailles pour diminuer l'utilisation des molécules antibiotiques, pour aider au contrôle des maladies et pour améliorer les performances zootechniques. Le microbiote intestinal pourrait influencer les performances de croissance des volailles (Torok *et al.*, 2011 ; Stanley *et al.*, 2014). Il a été démontré qu'une combinaison d'acides organiques et d'huiles essentielles micro-encapsulés permettait de maintenir la population de *Clostridium spp.* à un niveau bas dans les caeca de poulets de 28 jours (Fravalo *et al.*, 2011). En particulier *C. perfringens*, pathogène d'importance pour la production de volaille, doit être contrôlé dans les caeca pour limiter les maladies. L'utilisation d'huiles essentielles réduit significativement le nombre d'oiseaux présentant des lésions nécrotiques dans le tube digestif. La croissance de *C. perfringens in vitro* a été inhibée par de faibles concentrations de thymol et cinnamaldehyde (Timbermont *et al.*, 2010). L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact selon deux niveaux de doses d'une solution à base d'acides organiques et d'huiles essentielles micro-encapsulés spécifiquement pour la volaille (AOm+HEm), sur les performances de croissance de poulets de chair et sur leur microbiote intestinal.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1 Dispositif et conduite d'élevage

Un total de 612 poulets mâles ROSS 308 d'un jour provenant d'un couvoir local a été réparti aléatoirement dans 3 traitements de 12 répétitions (204 animaux/traitement). Le bâtiment de type commercial était situé à Victoria en Australie. Les oiseaux ont été élevés sur litière, dans un bâtiment ancien de type dynamique transversal équipé de radiant gaz et refroidi par un système de brumisation. La densité était de 17 animaux par parquet de 1,56m<sup>2</sup>, soit 11 animaux/m<sup>2</sup>. La consigne de démarrage de température était de 32°C. Les programmes de lumière correspondaient aux recommandations des compagnies génétiques. Les aliments ont été formulés selon les niveaux commerciaux avec un profil blé/soja et contenaient du Lasalocide à 100 ppm. Le programme alimentaire se composait de 3 aliments : Démarrage de 0 à 12 j, croissance de 13 à 25 j et finition de 25j à l'abattage. Les trois traitements étaient les suivants : 1) Contrôle ; 2) Contrôle avec AOm+HEm à 300 ppm (AOm+HEm 300 ppm) ; et 3) Contrôle avec AOm+HEm à 1500 ppm (AOm+HEm 1500 ppm). La solution AOm+HEm étudiée était le Gallinat +, produit par Jefe Nutrition (5020 avenue Jefe, Saint-Hyacinthe, Canada).

### 1.2 Données collectées

Il a été réalisé :

- Un enregistrement des performances zootechniques : suivi quotidien de la mortalité, pesée des animaux et suivi de la consommation en aliment hebdomadairement et par parquet.
- À 14 et 28 jours, un oiseau de chaque parquet a été prélevé aléatoirement pour nécropsie (dislocation cervicale) et échantillonnage. Les échantillons du contenu caecal et de la muqueuse de l'iléon (sur une section de 10 cm directement après le diverticule de Meckel, grattage de la muqueuse après retrait du contenu intestinal) ont été prélevés et conservés à -20°C jusqu'au traitement.

### 1.3 Isolement de l'ADN bactérien et préparation pour analyse

Afin de réaliser une analyse du microbiote, l'ADN bactérien a été extrait des échantillons de l'iléon et des caeca en utilisant un kit commercial (ADN Faecal BIOLINE ISOLATE), puis amplifié pour la région V3-V4 de l'ARNr 16S bactérien (New England Biolabs). Les amplicons ont été séquencés à haut débit sur un instrument Illumina MiSeq. Les échantillons ont été caractérisés en utilisant une moyenne d'au minimum 20 000 séquences par échantillon. Ensuite, les séquences ont été analysées en utilisant le logiciel QIIME (version 1.9 software), puis elles ont été regroupées en « Operational Taxonomical Units » (OTU) en utilisant l'algorithme Uclust avec un seuil de 97%. Les relations phylogénétiques des OTU identifiées ont été classées avec BLASTing (Tableau 2).

La diversité du microbiote a été définie par les indices de richesse, d'uniformité et de Shannon. La richesse représente le nombre d'espèces bactériennes. L'uniformité révèle les similitudes ou les différences en abondance pour chaque espèce. Plus l'uniformité du microbiote est faible, plus l'indice approche de zéro et à l'opposé, lorsque l'uniformité est élevée l'indice s'approche de 1. L'indice de Shannon a été calculé pour exprimer la diversité du microbiote. Si cette valeur est faible l'indice de Shannon est proche de zéro.

### 1.4 Analyse des données

Pour les données d'élevage, une analyse de variance (ANOVA) à un facteur (Traitement) a été réalisée. En test *post hoc*, un test de Tukey a permis de comparer les moyennes 2 à 2, le seuil de significativité défini est 5%. Pour la diversité du microbiote, des analyses de variances ont été réalisées pour étudier d'une part l'effet âge pour l'indice de Shannon, et d'autre part, l'effet des traitements pour les indices de richesse et d'uniformité. Pour les abondances relatives des différents OTU, une analyse de variance à un facteur (Traitement) a été réalisée sur les données de 14 j et 28 j.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1 Performances zootechniques

Le poids vif était significativement augmenté à 21 j (52 g de plus pour AOm+HEm 300 ppm et 40 g pour AOm+HEm 1500 ppm) et à 28 j avec 50g de plus pour AOm+HEm 300 ppm que le régime contrôle (Tableau 1). Aucune différence significative n'a été observée pour les consommations d'aliment. L'IC était similaire entre les traitements de 0 à 7 jours et de 7 à 14 jours, et avait une tendance à l'amélioration de 14 à 21 jours de -0,07 pour AOm+HEm 300 ppm et 1500 ppm, et une tendance à l'amélioration de 21 à 28 jours de -0,09 pour AOm+HEm 300 ppm (Tableau 1). Ces résultats sont en accord avec les tendances décrites par Bozkurt *et al* (2012) sur l'amélioration des paramètres de production quand les acides organiques et les huiles essentielles sont utilisés en combinaison.

### 2.2. Microbiote

Un total de 144 échantillons, avec deux prélèvements intestinaux pour 36 oiseaux à 14 j et 28 j, a été analysé générant un total de 2,9 millions de séquences après le filtrage de qualité. Il n'y a pas eu de différence significative dans le nombre de lectures pour chacun des traitements, indiquant que les données pouvaient être utilisées pour comparer les communautés bactériennes entre les traitements. Les résultats concernant la muqueuse de l'iléon n'ont pas montré de différences statistiques en terme de diversité et d'abondance des espèces bactériennes aussi bien à 14 j qu'à 28 j. Par contre, différents effets ont été observés sur les résultats du microbiote des contenus caecaux.

#### 2.2.1. Diversité du microbiote caecal

La diversité du microbiote défini par l'indice de Shannon pour l'ensemble des traitements était significativement plus élevée à 28 j qu'à 14 j ( $P < 0.01$ ) (Données non montrées). Le microbiote caecal n'a pas montré de différences statistiques entre les traitements aussi bien à 14 jours qu'à 28 jours, pour les indices d'uniformité et de richesse (Figure 1).

Dans l'étude de Danzeisen *et al.* (2011), les indices de diversité (Chao1, Shannon et Simpson) avaient augmenté avec l'âge des oiseaux, ce qui suit les mêmes évolutions que l'augmentation de la diversité de 14 et 28 jours dans notre étude. Par ailleurs, les présents résultats indiquent que AOm+HEm 300 ppm ou 1500 ppm n'ont pas d'effet non-désiré sur la diversité du microbiote. Stanley *et al.* (2013) a souligné suite à son étude sur la variabilité du microbiote, que le développement d'un bon microbiote dès le jeune âge est primordial pour permettre à l'oiseau de répondre aux maladies et ainsi améliorer la survie.

#### 2.2.2. Abondance des espèces du microbiote caecal

Des différences d'abondance d'OTU ont été identifiées entre le contrôle et les traitements AOm+HEm, à 14j, avec 19 OTU et à 28 j, avec 26 OTU. Pour chaque OTU, un ratio a été calculé à partir de l'abondance de chacun des traitements par rapport au contrôle. Un ratio supérieur à 1 indique une abondance plus importante pour le traitement et un ratio inférieur à 1, une abondance plus faible pour le traitement. Lorsque les ratios des 2 traitement par rapport au contrôle sont affectés dans le même sens, l'OTU concerné est présenté dans les résultats.

À 14 j, les bactéries présentes en plus grande abondance avec les traitements AOm+HEm 300 ppm et 1500 ppm par rapport au régime contrôle étaient des genres *Ruminococcus* et *Lactobacillus*, et en moins grande abondance du genre *Faecalibacterium* et de la famille des *Ruminococcaceae* (Figure 2a). Pour AOm+HEm 300 ppm, on notait également une augmentation de bactéries des genres *Blautia*. Avec AOm+HEm 1500 ppm, des bactéries appartenant au genre *Eubacterium* et aux familles *Ruminococcaceae* et *Lachnospiraceae* présentaient une plus grande abondance, et des bactéries non classifiées du phylum des *Tenericutes* présentaient une diminution (Figure 2a, Tableau 2).

À 28 j, les principales différences détectées dans les caeca des oiseaux avec les traitements AOm+HEm 300 ppm et 1500 ppm par rapport au régime contrôle étaient liées à une réduction de bactéries de l'ordre des *Clostridiales* et à une augmentation de l'abondance de *Lactobacillus* (Figure 2b, Tableau 2). Ainsi, des bactéries proches du genre *Blautia* et de la famille des *Ruminococcaceae* avaient une moindre abondance, tandis que plusieurs espèces du genre *Lactobacillus* avaient obtenu une plus grande abondance. Par ailleurs, la dose de 1500 ppm a entraîné une augmentation d'abondance d'un plus grand nombre de bactéries du genre *Lactobacillus*, et des augmentations plus importantes des bactéries de l'espèce *L. salivarius*, montrant un effet différent en fonction de la dose (Figure 2b).

Avec AOm+HEm 300 ppm, 2 OTU de l'ordre des *Clostridiales* baissent dans les caeca à 28 j, or certaines bactéries de l'ordre des *Clostridiales* sont connues pour avoir des effets néfastes sur la santé des animaux et contribuer à un contexte de dysbiose. Cette modification de microbiote pourrait être en lien avec l'amélioration du poids à 28 j, et la tendance de l'amélioration de l'IC de 21 à 28 j.

Avec AOm+HEm 1500 ppm, la baisse des 2 OTU de l'ordre des *Clostridiales* est toujours observées à 28 j dans les caeca. Cependant une forte augmentation de bactéries du genre *Lactobacillus* dont *L. salivarius* est observée avec cette dose.

Bien que les lactobacilles soient connues pour jouer un rôle de régulateur dans le tube digestif en produisant de grandes quantités d'acide lactique et acétique amenant à une réduction du pH (Bjerrum *et al.*, 2006), *L. salivarius* a été associé à des performances zootechniques moindre (IC) (Mignon-Grasteau *et al.*, 2015). Ainsi, l'abondance plus importante de lactobacilles dans les caeca avec AOm+HEm 1500 ppm par rapport à la dose de 300 ppm pourrait expliquer l'absence d'effet sur les performances zootechniques.

CONCLUSION

Dans cette étude, il a été montré que l'utilisation de la solution à base d'acides organiques et d'huiles essentielles (AOm+HEm) modifiait l'abondance de certaines bactéries, avec une diminution de bactéries de l'ordre des clostridiales et une augmentation des lactobacilles à 28 jours dans les contenus de caeca. Ces modifications d'abondance en bactéries se sont effectuées en parallèle avec une amélioration des performances seulement avec la dose de 300 ppm. Cette étude a permis d'améliorer des paramètres de productivité en réponse à l'utilisation de AOm+HEm à 300 ppm en parallèle d'une modification de l'abondance des bactéries du microbiote caecal. Avec 1500 ppm, la disparition de l'effet bénéfique du mélange sur les performances zootechniques pourrait être liée à une abondance trop importante de lactobacilles.

REMERCIEMENTS

Les auteurs aimeraient remercier la collaboration et l'expertise de Dr Robert Moore (RMIT

University, GPO Box 2476, Melbourne VIC 3001 Australia).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bjerrum L., R.M., Engberg, T.D. Leser, B.B. Jensen, K. Finster, K.P. Pedersen, 2006. Poultry Science 85 : 1151-1164

Bozkurt M., K.Kucukyilmaz, A. Catli, M. Cinar, M. Cabuk and A. Alcicek, 2012. Archiv Fur Geflugelkunde Vol 76 (2) : 81-87

Danzeisen J.L., H.B. Kim, R.E. Isaacson, Z.J. Tu, T.J. Johnson, 2011. PLoS ONE 6(11) : e27949

Fravalo P., P. Kabore, L. Lahaye, R. Gauthier, J.C. Bodin, F. Respondek, J.M. Fairbrother, A. Letellier, 2011. Proceeding European Poultry Conference

Mignon-Grasteau S., A. Narcy, N. Rideau, C. Chantry-Darmon, M.-Y. Boscher, N. Sellier, M. Chabault, B. Konsak-Ilievski, E. Le Bihan-Duval, I. Gabriel. 2015. PLoS ONE 10(8) : e0135488

Stanley D., M.S. Geier, R.J. Hughes, S.E. Denman, R.J. Moore, 2013. PLoS ONE 8(12): e84290

Stanley D., R. J. Hughes, R. J. Moore, 2014. Applied Microbiology and Biotechnology 98 (10) : 4301-4310

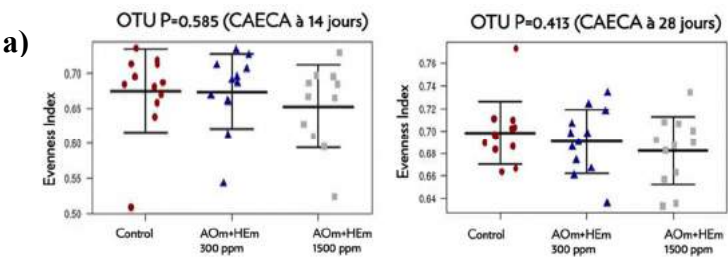
Timbermont L., A. Lanckriet, J. Dewulf, N. Nollet, K. Schwarzer, F. Haesebrouck, R. Ducatelle , F. Van Immerseel, 2010. Avian Pathology. 39(2) : 117-214

Torok V., R. Hughes, L. Mikkelsen, R. Perez-Maldonado, K. Balding, R. MacAlpine, N. Percy, K. Ophel- Keller, 2011. Applied Environmental. Microbiology Vol 77 (17) : 5868-587

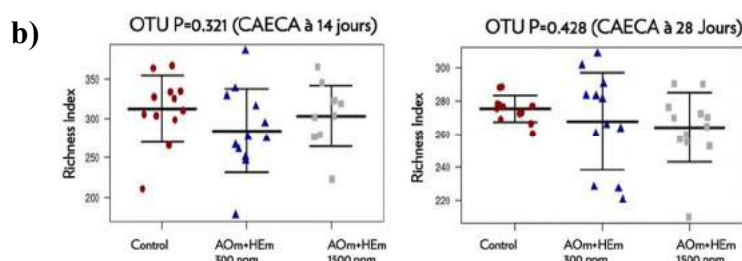
Tableau 1. Poids moyen et IC des poulets pour le régime Contrôle, 300 ppm et 1500 ppm de AOm+HEm. Les valeurs distinctes par une lettre (a,b) sont significativement différentes (P<0,05) (n=12)

Traitements	Poids moyen (kg)				Indice de consommation			
	7 j	14 j	21 j	28 j	1-7 j	7-14 j	14-21 j	21-28 j
Contrôle	0,153	0,446	0,944 a	1657 a	0,632	1,136	1,330	1,719
SD	0,005	0,017	0,033	0,050	0,083	0,118	0,106	0,127
AOm+HEm 300 ppm	0,153	0,453	0,996 b	1707 b	0,635	1,139	1,261	1,627
SD	0,007	0,012	0,018	0,060	0,101	0,091	0,080	0,090
P-value	P>0,1	P>0,1	0,001	0,048	P>0,1	P>0,1	0,087	0,06
AOm+HEm 1500 ppm	0,153	0,444	0,984 b	1683 ab	0,605	1,147	1,259	1,656
SD	0,005	0,019	0,001	0,002	0,064	0,122	0,061	0,126
P-value	P>0,1	P>0,1	0,014	P>0,1	P>0,1	P>0,1	0,063	P>0,1

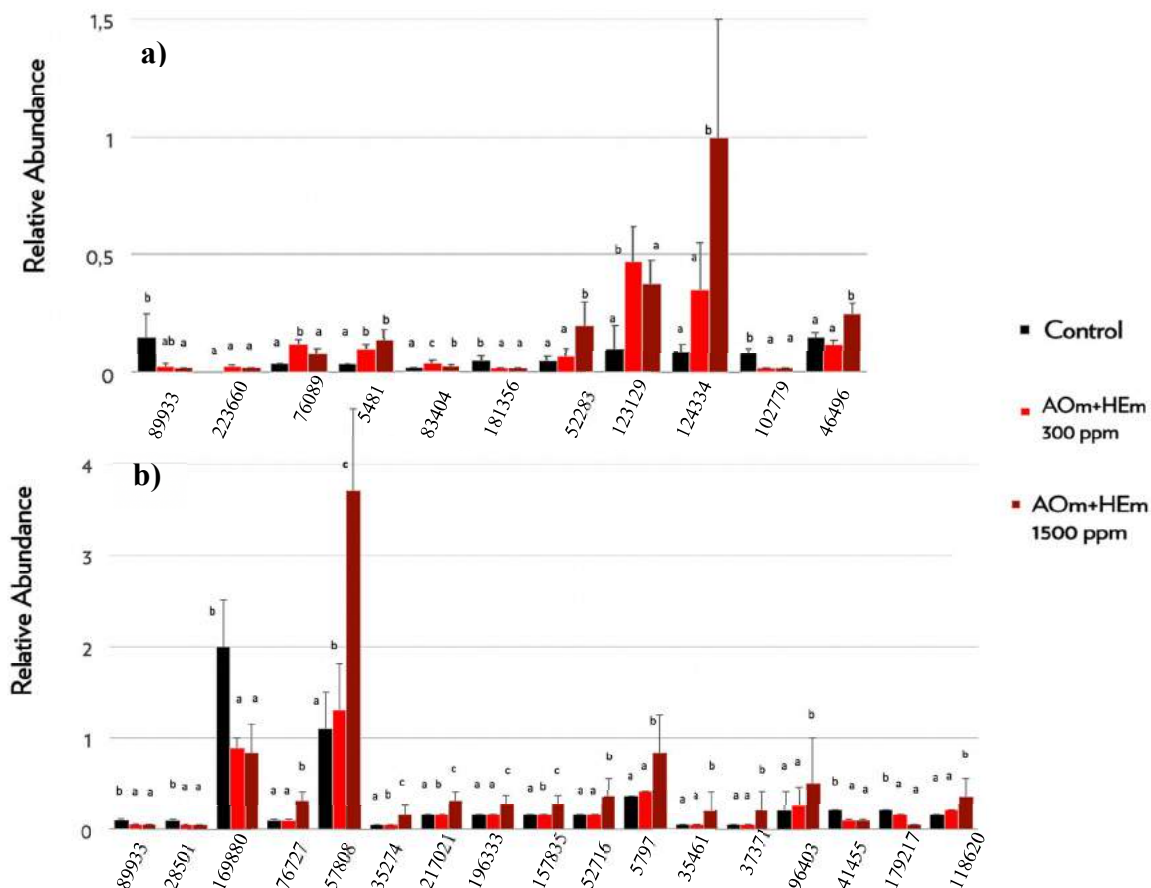
Figure 1. Diversité du microbiote caecal à 14 j et 28 j selon les indices de diversité : uniformité « Evenness » a) et richesse « Richness » b) pour le régime contrôle, 300 ppm ou 1500 ppm de AOm+HEm (chaque point représente un animal)







**Figure 2.** Abondance relative des OTU dissemblables entre le contrôle et les régimes 300 ppm ou 1500 ppm de AOm+HEm à 14 jours a) et à 28 jours b). Les valeurs distinctes par une lettre (a,b,c) sont significativement différentes ( $P < 0,05$ )



**Tableau 2 :** Relation phylogénique entre l'OTU et l'identité

OTU	Identité
89933	P_TENERICUTES_O_RF39
223660	P_PROTEOBACTERIA_F_ENTEROBACTERIACEAE
76089	P_FIRMICUTES_G_RUMINOCOCCUS
5481	P_FIRMICUTES_G_RUMINOCOCCUS
83404	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS
181356	P_FIRMICUTES_G_FAECALIBACTERIUM
52283	P_FIRMICUTES_G_EUBACTERIUM
123129	P_FIRMICUTES_G_BLAUTIA
124334	P_FIRMICUTES_F_RUMINOCOCCACEAE
102779	P_FIRMICUTES_F_RUMINOCOCCACEAE
46496	P_FIRMICUTES_F_LACHNOSPIRACEAE
28501	P_FIRMICUTES_O_CLOSTRIDIALES
169880	P_FIRMICUTES_O_CLOSTRIDIALES
76727	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSSALIVARIUS
57808	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSSALIVARIUS
35274	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSSALIVARIUS
217021	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSSALIVARIUS
196333	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSSALIVARIUS
157835	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSSALIVARIUS
52716	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSREUTERI
5297	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSHELVETICUS
35461	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSHELVETICUS
37371	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS_S_LACTOBACILLUSCAPILLATUS
96403	P_FIRMICUTES_G_LACTOBACILLUS
41455	P_FIRMICUTES_G_FAECALIBACTERIUM
179217	P_FIRMICUTES_F_CATABACTERIACEAE
118620	P_ACTINOBACTERIA_G_BIFIDOBACTERIUM_S_BIFIDOBACTERIUMSAECUL

**EFFETS DE DEUX SOUCHES DE MICRO-ORGANISMES PRODUCTRICES D'ENZYMES *BACILLUS SUBTILIS* (DSM 5750) ET *BACILLUS LICHENIFORMIS* (DSM 5749) SUR LES PERFORMANCES DES DINDONS MALES NOURRIS AVEC DES ALIMENTS A NIVEAU DE PROTEINES ET D'ENERGIE REDUITES**

**Rudeaux Florence<sup>1</sup>, Rouault Mickael<sup>1</sup>, Aoun Claude<sup>2</sup>, Schlagheck Alexandra<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Chr. Hansen A/S, Boege Allé 10-12-2970 Hoersholm-Danmark

<sup>2</sup>Biochem, Gmbh, Kustermeyerstrasse 16, 49393 Lohne Allemagne  
[aoun@biochem.net](mailto:aoun@biochem.net)

**RESUME**

320 dindons de souche Premium (Aviagen) ont été répartis en deux traitements expérimentaux: un témoin avec des niveaux standards d'énergie et de protéines pour les 7 aliments distribués (allant de 2750 kcal/kg, 26.5% de protéines en démarrage, à 3230 kcal/kg, 16.8% de protéines en fin de finition) et un autre groupe avec une supplémentation de probiotique contenant deux souches de *Bacillus* (*B. subtilis* (DSM 5750) et *B. licheniformis* (DSM 5749)) à  $1.28 \times 10^6$  CFU/g d'aliment fini au ratio 1:1 avec un niveau réduit en énergie de 50 kcal/kg et en protéines de 0.5 point avec un rapport constant en acides aminés indispensables pour chaque aliment distribué. Les consommations d'aliment, les poids vifs et la mortalité ont été mesurés à 21, 35, 56, 70, 84, 105 et 123 jours. La qualité des litières a été mesurée à 42, 52 et 95 jours. L'ajout du probiotique double souche avec une réduction d'énergie de 50 kcal/kg et de protéines de 0.5 point a conduit à un poids vif et un indice de consommation similaire au traitement témoin à 123 jours d'âge. Toutefois, nous avons pu observer une augmentation numérique du poids vif de 1.9% et un IC corrigé au poids vif constant numériquement amélioré de 0.02 point. Il n'y a pas eu de différence de qualité de litière entre les deux traitements. Ces résultats suggèrent que le niveau de protéines peut être réduit de 0.5 point à acides aminés constants et l'énergie de 50 kcal dans la formulation des aliments sans modification de performances grâce à l'ajout du probiotique à double souche.

**ABSTRACT**

**Effect of enzyme producing probiotic (*Bacillus subtilis* DSM 5750 and *Bacillus licheniformis* DSM 5749) on performance of male turkeys fed with energy and protein-reduced diets**

320 turkeys Premium (Aviagen) were distributed in two following experimental treatments: a control with standard energy and protein levels for the 7 feed distributed during the trial (from 2750kcal / kg protein: 26.5 % on starter, to 3230 kcal / kg, Protein: 16.8% on finishing 3) and the other group received a double probiotic *Bacillus subtilis* strain (DSM 5750) and *Bacillus licheniformis* (DSM 5749)-supplementation at  $1.28 \times 10^6$  CFU / g of final feed with a reduced energy level of 50 kcal / kg protein, 0.5point protein for each distributed feed.

The feed consumption, body weight and mortality were measured at 21, 35, 55, 70, 84, 105 and 123 days. Litter quality was measured at 42, 52 and 95 days. The addition of the double strain probiotic with an energy reduction of 50 kcal / kg and protein reduction by 0.5 point led to a similar performance to the control treatment at 123 days of age. However, we can observe a tendency for an improvement in the weight of 1.9% and a corrected FCR improved by 0.02 point. There is no difference in litter quality between the two treatments. These results suggest that the level of protein can be reduced by 0.5 point at constant amino acids and the energy of 50 kcal in the formulation of feed without modification of performance by the addition of the double probiotic strain.



## INTRODUCTION

La réglementation et la pression des consommateurs sur l'industrie mondiale de la volaille pour réduire les antibiotiques en élevage, utilisés pour optimiser la croissance, ont augmenté ces dernières années. Le développement d'alternatives telles que les probiotiques sont utilisées en supplémentation aux régimes dans la production de dinde afin d'améliorer les performances par l'intermédiaire de la modification du microbiote digestif.

Certaines souches de *Bacillus* sont connues pour produire des quantités importantes d'enzymes hydrolysant les glucides et les protéines comprenant entre autres des cellulases et protéases (Lee et al. 2012) conférant une amélioration de la digestibilité et de l'absorption des nutriments dans l'intestin. Larsen et al. (2014) a montré que le niveau de production et le type d'enzymes diffèrent entre les souches de *Bacillus*.

Il a été montré que l'apport d'un probiotique contenant deux souches de *Bacillus* productrices d'enzymes *B. subtilis* (DSM 5750) et *B. licheniformis* (DSM 5749) dans un ratio 1 : 1 permet d'améliorer les performances du poids vif des dindes femelles (Kehlet et al. 2015 a) et de réduire le pathogène *Clostridium perfringens* chez des animaux challengés avec cette bactérie avec l'utilisation du *B. licheniformis* (DSM 5749) (Kehlet et al. (2015 b)).

De même, Harrington et al, (2015) ont observé que des poulets nourris avec un aliment à niveau d'énergie réduit de 63 kcal/kg supplémenté avec *B. subtilis* (DSM 5750) avaient les mêmes performances zootechniques que ceux du régime standard. L'auteur émet l'hypothèse d'une amélioration de la digestibilité de l'aliment par le *B. subtilis*. De plus, cette supplémentation a permis d'optimiser les coûts de l'aliment et l'efficacité alimentaire. Une autre étude faite par Loeffler, (2014) a conclu que l'ajout du probiotique à deux souches de *Bacillus* est plus efficace que celui d'un probiotique mono-souche en raison des effets différents et complémentaires mesurés de chaque souche confirmant les résultats obtenus précédemment par Kehlet et al. (2015 a).

L'objectif de la présente étude était d'évaluer, dans des conditions d'élevage similaires au terrain, les effets d'un probiotique contenant deux souches de *Bacillus* (*B. subtilis* DSM 5750 et *B. licheniformis* DSM 5749) dans des régimes alimentaires à des niveaux réduits en énergie et protéines brutes sur les performances de dindons destinés à l'engraissement.

## MATERIELS & METHODES

L'essai a été mené dans une station d'essai en France entre mars et juillet 2016. Il s'est déroulé sur une période de 123 jours. Des poussins de dindons mâles (Premium, Aviagen) ont été obtenus le jour de l'éclosion d'un couvoir commercial. Un total de 320 oiseaux sains a été affecté à l'étude. Tous les dindons ont été répartis selon un plan factoriel de deux traitements expérimentaux (témoin et probiotique) avec huit répétitions chacun. La densité était de 20 dindons par case (quatre animaux par m<sup>2</sup>) jusqu'au jour 21 de l'essai, puis elle était réduite à 18 dindons (3,6 animaux par m<sup>2</sup>) jusqu'à la fin de l'essai. Les dindons du lot témoin ont reçu un aliment avec des niveaux standards en énergie et protéines pour les sept aliments distribués au cours de l'essai. Les dindons du groupe probiotique ont reçu un régime similaire avec un niveau d'énergie réduit de 50 kcal/kg et une teneur en protéines réduite de 0,5 point avec un rapport constant en acides aminés indispensables pour chaque aliment distribué ainsi qu'une supplémentation du probiotique BioPlus®YC qui est un mélange de deux souches de *Bacillus* (*B. subtilis* DSM 5750 et *B. licheniformis* DSM 5749) au ratio 1:1 et ceci à la teneur de 400g de produit /tonne d'aliment fini (1.28x10<sup>6</sup> CFU/g d'aliment).

Les principales matières premières des régimes étaient le blé, le maïs et le tourteau de soja. Une teneur plus faible en énergie et en protéines dans les régimes d'essai a été obtenue par des quantités réduites de blé et de tourteaux de soja et des quantités accrues de tourteaux de tournesol. L'aliment contenait des enzymes (phytase, xylanase) et un anticoccidien. La composition de chaque aliment granulé pour chaque période est présentée dans le tableau 1.

Tous les aliments ont été analysés pour leurs valeurs nutritionnelles et leur teneur en probiotique.

Au changement de chaque phase alimentaire (21, 35, 56, 70, 84, 107 jours et en fin d'élevage (123 jours), le poids vif (sur l'ensemble des dindons de la case), la consommation alimentaire et l'indice de consommation ont été mesurés. De plus, la mortalité a été notée et la qualité de la litière a été estimée à 42, 52 et 95 jours à partir d'une échelle standard (échelle 5= très sec, échelle 1= très humide).

Les données des paramètres obtenues durant l'essai ont été soumises à ANOVA (analyse de la variance) avec un niveau de probabilité de 5% utilisant le programme d'analyse statistique SAEG.

## RESULTATS ET DISCUSSION

L'effet de l'inclusion d'un probiotique contenant deux souches au ratio 1:1 à la teneur de  $1.28 \times 10^6$  CFU/g d'aliment fini (résultats d'analyses obtenus dans les aliments granulés sont conformes aux valeurs attendues, le produit étant stable après la granulation) dans toute la gamme alimentaire d'un dindon avec une réduction de 50 kcal de l'énergie métabolisable apparente associée à une réduction de 0.5 point de protéines brutes avec un rapport constant en acides aminés indispensables permet d'obtenir les mêmes performances de poids vif et d'I.C à 123 jours que celui du lot témoin (tableaux 3). En outre, si nous étudions de manière plus approfondie quelques phases alimentaires (tableau 2), nous observons qu'à 35 jours d'âge, les dindons ayant reçu l'aliment probiotique ont un poids vif significatif plus élevé de 5% par rapport au témoin. De même, sur la période de 36 à 84 jours, le gain de poids des dindons est numériquement supérieur au témoin de 1.4% mais l'indice de consommation est significativement supérieur de 0.05 point par rapport au lot témoin. Sur la dernière phase alimentaire de 85 à 123 jours, les dindons du lot probiotique montrent un gain de poids numériquement supérieur ainsi qu'un indice de consommation numériquement amélioré de 0.06 point par rapport au lot témoin.

Il n'y a pas de différence sur la qualité de la litière entre les deux traitements (tableau 4).

Comme les *Bacillus* sont producteurs d'enzymes hydrolysant les glucides et les protéines (Lee et al. (2012), Larsen et al. (2014)), nous pouvons penser que le probiotique double souche permet d'hydrolyser partiellement les glucides et les protéines des ingrédients des aliments et de les convertir en énergie et acides aminés disponibles pour l'animal. Ainsi, dans de précédentes études sur des poulets de chair, le *B. subtilis* DSM 5750 ou *B. subtilis* DSM 17299 (même souche que DSM 5750) incorporé dans l'aliment a permis d'améliorer la digestibilité des protéines iléales et la rétention azotée de l'aliment, Houshmand et al., (2012) Knap et al. (2011).

Prössler et al (2015) confirme les données au niveau des performances sur la contribution de *B. subtilis* DSM 5750 dans des régimes à faible teneur en protéines.

Ainsi, l'ensemble de ces résultats sont en accord avec les données présentées ici. On peut supposer que la supplémentation du probiotique composé de deux souches de *Bacillus* (*B. subtilis* et *B. licheniformis*) améliore la digestibilité des nutriments due entre autres à l'augmentation des activités des protéases et des enzymes hydrolysant les glucides au niveau de l'intestin.

De plus, une étude de Blanch et al (2016) montre que l'utilisation de la souche *B.licheniformis* DSM5749 sur des animaux challengés avec *Clostridium perfringens* permet de réduire le risque des entérites

nécrotiques épargnant ainsi de l'énergie pour favoriser les performances.

## CONCLUSION

Cette étude montre que la supplémentation avec un probiotique double souche contenant *B. subtilis* et *B. licheniformis* à la teneur de  $1.28 \times 10^6$  CFU/g d'aliment fini dans un programme alimentaire avec une réduction de chaque aliment de 50 kcal et de 0.5 point de protéines brutes avec un rapport constants en acides aminés indispensables a permis d'obtenir les mêmes performances zootechniques des dindons que celles obtenues avec un régime témoin.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blanch A, Sandvang D., Araujo F., Styrisshave T., Rouault M. et Verbeke J. 2016. Poultry Science Animal .105<sup>th</sup> Annual meeting, Nouvelles orléans, Etats-Unis: 127.
- Harrington D., Sims M. et Kehlet A.B., 2015. J. Appl. Poult. Res. Inc.0:1-11–  
<http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfv057>
- Houshmand M., Azhar K., Zulkifli I., Bejo M.H. et Kamyab A.2012: South African Journal of Animal Science vol. 42, No1. p. 22-32
- Kehlet A.B., Kozłowski K. et Machander V. 2015 a. IPPE , Atlanta, Etats-Unis: M 122
- Kehlet A.B., Sandvang D. et Jin F.L 2015b. Abstracts Poult. Sci. Ass. Meeting, Louisville (USA):M243
- Knap I. Kehlet A.B. et Lund B., 2011: Neuvièmes Journées de la Recherche Avicole. Tours, France, p. 349-352.
- Larsen N., Thorsen L., Kpikpi E.N., STuer-Lauridsen B., Cantor M.D, Nielsen B., Brockmann E., Derkx P.M et Jespersen L2014. Appl. Microbiol.Biotechnol.98 : 1105-1118
- Lee J., Park I., Choi Y. et Cho J. 2012. Colombian journal of animal science and veterinary medicine, vol 25, n°4:  
<http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/820/909>
- Loeffler S. 2014. Thesis for the Degree Master of Science in the Graduate School of The Ohio State University
- Prössler P., Scott-Baird E., Harrington D. et Kehlet B.A., 2015: 11. JRA, Tours, France, p. 622-628

**Tableau 1 :** Formulation et composition chimique des régimes expérimentaux

Formule		Démarrage 0-21		Croissance 1 22-35		Croissance 2 36-56		Croissance 3 57-70		Finition 1 71-84		Finition 2 86-107		Finition 3 108-123		
		T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	
<b>Composition (%)</b>																
Blé		15.7	14.8	23.3	23.4	31.0	29.8	35.7	35.5	32.8	33.3	35.8	34.8	47.9	55.6	
Maïs		24.1	24.7	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	25.0	25.0	25.0	25.0	15.0	8.0	
Graine de colza						2.5	2.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Tourteau de colza				2.0	2.0								2.0	2.0	3.0	
Tourteau de soja		43.6	42.8	39.2	38.3	34.6	31.9	26.7	24.3	23.5	21.4	21.9	18.0	17.2	14.3	
Tourteau de tournesol LP		6.1	7.6	4.2	5.6	1.0	4.5	2.8	5.2	4.1	5.7	3.4	5.8	4.1	5.0	
Huile de palme		0.5	0.3	1.5	1.3	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Huile de soja		0.8	0.6	1.3	1.0	1.8	1.8	0.5	0.2	1.5	1.0	1.6	1.6	2.2	1.8	
Lysine 25/blé75		1.3	1.1	1.4	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.2	1.3	1.2	1.3	1.1	1.3	
Méthio15/blé85		2.8	2.5	2.5	2.3	2.2	2.1	2.1	2.0	1.8	1.7	1.5	1.4	1.2	1.2	
Thréonine 10/ blé 90		1.0	0.9	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	
Carbonate de calc.										0.23	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	
Phosphate bicalcique		2.6	2.6	2.1	2.1	1.7	1.7	1.4	1.4	1.0	1.0	0.6	0.6	0.4	0.3	
Bicarbo de sodium		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
PM blé -probio.			0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5		0.5	
Premix Phy/Xyl		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Anticoccidien (monensine )		0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4							
<b>Analyses</b>																
Fibres	%	4.3	4.6	4.8	5.1	3.9	4.7	3.8	4.4	4.0	4.4	3.4	4.2	3.8	4.1	
Cendres	%	7.2	7.2	6.6	6.6	5.8	5.8	5.4	5.4	4.9	4.9	4.5	4.5	4.1	4.2	
Protéines brutes	%	26.5	26.0	24.4	23.9	22.4	21.9	20.3	19.8	18.9	18.4	17.9	17.4	16.8	16.3	
Graisses	%	3.5	3.2	4.5	4.0	5.0	5.0	6.5	6.2	7.5	7.0	7.5	7.5	8.0	7.5	
Lysine	%	1.69	1.64	1.57	1.52	1.44	1.40	1.31	1.27	1.18	1.15	1.10	1.07	1.01	0.99	
Methionine+cystine	%	1.21	1.17	1.12	1.09	1.02	1.00	0.96	0.94	0.88	0.85	0.81	0.80	0.75	0.74	
EM démarrage	kcal/kg	2750	2702	2840	2790											
EM croissance	kcal/kg					2980	2930	3081	3029	3151	3100	3200	3150	3230	3180	

**Tableau 2:** Performances zootechniques des deux régimes expérimentaux par phase

	Témoïn	Probiotique à double souche	CV (%)	Valeur de Probabilité
Poids initial (g)	57.7	58.0	2.0	ns
<b>0-35 j,</b>				
Gain de poids (g)	47.2 b	49.7 a	3.2	p<0.01
Consommation (g)	76	78	3.3	n.s.
I.C	1.61	1.58	2.9	n.s.
<b>36-84 j,</b>				
Gain de poids (g)	148.5	150.6	4.7	n.s.
Consommation (g)	293	304	4.0	n.s.
I.C	1.97 b	2.02 a	2.0	p<0.01
<b>85-123 j,</b>				
Gain de poids (g)	185.9	188.6	8.0	n.s.
Consommation (g)	537	535	4.8	n.s.
I.C	2.90	2.84	5.9	n.s.

n.s : non significatif

**Tableau 3:** Performances zootechniques pour les deux régimes expérimentaux

Traitement	Témoin	Probiotique à double souche	C.V %	Valeur de Probabilité
Poids initial (g)	57.7	58.0	2.0	ns
<b>0-21 jours</b>				
Poids (g)	668	681	3.8	ns
Gain de poids (g)	29.1	29.7	4.0	ns
Consommation (g)	1075	1045	7.5	ns
I.C	1.61	1.54	8.2	ns
<b>0-35 jours</b>				
Poids (g)	1711 (b)	1799 (a)	3.2	p< 0.01
Gain de poids (g)	47.2 (b)	49.7 (a)	3.2	p<0.01
Consommation (g)	2666	2738	3.3	ns
I.C	1.61	1.58	2.9	ns
<b>0-56 jours</b>				
Poids (g)	4346	4470	3.2	ns
Gain de poids (g)	76.6	78.8	3.2	ns
Consommation (g)	7012 (b)	7265 (a)	3.1	p<0.01
I.C	1.64	1.65	1.4	ns
<b>0-70 jours</b>				
Poids (g)	6843	6892	3.0	ns
Gain de poids (g)	96.9	97.6	3.1	ns
Consommation (g)	11851	12226	3.3	ns
I.C	1.74 (b)	1.78 (a)	1.4	p<0.01
<b>0-84 jours</b>				
Poids (g)	8978	9177	2.9	ns
Gain de poids (g)	106.2	108.6	3.0	ns
Consommation (g)	17009 (b)	17639 (a)	3.4	p<0.05
I.C	1.91	1.93	1.6	ns
<b>0-107 jours</b>				
Poids (g)	13153	13099	3.2	ns
Gain de poids (g)	124.7	124.2	3.2	ns
Consommation (g)	28225	28709	3.7	ns
I.C	2.14 (b)	2.19 (a)	2.0	p<0.01
<b>0-123 jours</b>				
Poids (g)	16229	16531	3.5	ns
Gain de poids (g)	131.5	133.9	3.6	ns
Consommation (g)	37949	38495	3.4	ns
I.C	2.33	2.33	2.6	ns
I.C corrigé à 16 kg	2.31	2.29	3.9	ns

ns : non significatif

**Tableau 4 :** Notation de la litière

	Témoin	Probiotique à double souche	CV (%)	Probabilité
Notation litière à 42 jours	4.9	4.8	7.9	ns
Notation litière à 52 jours	3.6	3.9	11.4	ns
Notation litière à 95 jours	3.5	3.4	17.8	ns

## OPTIMISATION DU DEMARRAGE DE POULETS DE CHAIR PAR L'APPORT D'UNE NOUVELLE ASSOCIATION DE FRACTIONS DE LEVURES SPECIFIQUES

**Barbé Florence<sup>1</sup>, Sacy Audrey<sup>1</sup>, B. Bertaud<sup>1</sup>, Chevaux Eric<sup>1</sup>, Castex Mathieu<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*LALLEMAND SAS - 19, rue des Briquetiers – BP59, 31702 BLAGNAC cedex  
[fbarbe@lallemand.com](mailto:fbarbe@lallemand.com)*

### RÉSUMÉ

La réussite d'un lot de poulets de chair se joue dès la phase de démarrage, où la maturité digestive et l'immunité du poussin se mettent en place. Ainsi, assurer une bonne croissance précocement permet l'obtention au moment de l'abattage de poulets lourds et rentables économiquement. Six essais ont été conduits en stations expérimentales ou en élevage (2015-2016) sur des poulets de chair (génétique Ross PM3 et 308, nombre total d'animaux : 3832 dont 360, 360, 210, 1536, 406 et 960 pour les essais 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectivement) recevant un aliment témoin (T) ou un aliment essai incorporant une nouvelle association de fractions de levures spécifiques (L) dans l'aliment témoin à 800 g/tonne d'aliment pendant les premiers 10 jours (essais 1, 2, 3), 14 jours (essais 4, 5) ou 11 jours (essai 6). Le poids initial et en fin de démarrage, le gain moyen quotidien (GMQ), l'ingéré, l'indice de consommation (IC) et la mortalité sur la période de démarrage ont été analysés par une méta-analyse avec pondération par le nombre de parcs (modèle mixte linéaire avec l'aliment en facteur fixe et l'essai en facteur aléatoire). Le GMQ et l'ingéré ont été corrigés avec les données de mortalité. Cette nouvelle association de fractions de levures spécifiques permet d'augmenter significativement le poids en fin de démarrage (T : 362 g; L : 375 g,  $P < 0,001$ ), la croissance (GMQ = T : 27,6; L : 28,6 g/animal/j,  $P < 0,001$ ), l'ingéré (T : 34,9; L : 35,8 g/animal/j,  $P < 0,001$ ) et d'améliorer significativement l'efficacité alimentaire (IC = T : 1,275; L : 1,267,  $P = 0,006$ ). Cette nouvelle combinaison de différentes fractions de souches de levures inactives spécifiquement sélectionnées permet ainsi d'optimiser les performances au démarrage.

### ABSTRACT

#### **Optimization of starter period in broilers by supplying a novel association of specific yeast fractions**

The final technico-economic performance of broilers batches is determined very early during the starter phase, where the maturity of the digestive processes and the immunity of the chicks are developing and set up. Therefore, securing an early efficient growth allows obtaining profitable slaughtering weights. Six trials were performed in several research stations or in farms (2015-2016) on broilers (Ross PM3 and 308 breeds, total number of animals: 3832 - 360, 360, 210, 1536, 406 and 960 for trials 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectively), receiving either a control diet (C) or an experimental diet integrating a novel association of specific yeast fractions (Y) at 800 g/ton feed in the control diet during the first 10 days (trials 1, 2, 3), 14 days (trials 4, 5) or 11 days (trial 6). The initial weight and the weight at the end of the starter phase, the average daily gain (ADG), the feed intake and the feed conversion ratio (FCR) and the mortality over the starter phase were analyzed by a meta-analysis, balanced for the number of pens (linear mixed-model with the diet as fixed effect and the trial as random effect). ADG and feed intake were also corrected for mortality data. This novel association of specific yeast fractions induces a significant increase of the final weight at the end of starter phase (C : 362 g; Y : 375 g,  $P < 0.001$ ), the growth (ADG = C : 27.6; Y : 28.6 g/animal/d,  $p < 0.001$ ), the feed intake (C : 34.9; Y : 35.8 g/animal/d,  $P < 0.001$ ) and a significant improvement of the feed efficiency (FCR = C : 1.275; Y : 1.267,  $P = 0.006$ ). Therefore, this novel combination of different fractions of inactive yeasts strains specifically selected allows optimizing zootechnical performance during the starter phase.

## INTRODUCTION

Le démarrage est considéré comme une phase clé pour la réussite d'un lot de poulets de chair (Adjou et Kaoudi, 2013), en particulier pour des cycles de production de plus en plus courts, rendant chaque retard de croissance toujours plus difficile à rattraper. Durant les 10 premiers jours de vie, les poussins subissent de très nombreux stress et changements environnementaux qui se succèdent dès l'éclosion (manutention, statut sanitaire, transport, vaccination...) jusqu'à l'arrivée au bâtiment d'élevage, où les facteurs conditionnant le bon démarrage du lot sont nombreux (température, hygrométrie, accès à l'eau et à l'aliment, lumière, ventilation, confort...). Les résultats technico-économiques d'un lot de poulets de chair se jouent en grande partie les 7 premiers jours suivant la mise en lot des poussins. Durot (2014) a mis en évidence une relation entre le ratio « poids à J7/poids à J0 », le poids à J7 et les performances en fin de finition, et entre la mortalité à J7 et la mortalité finale. Ainsi, en garantissant des performances optimales au démarrage, les oiseaux peuvent alors exprimer pleinement leur potentiel de croissance. En effet, le poussin de un jour arrive en élevage avec peu de vitellus résiduel et son tractus digestif est complet mais pas encore mature. Des études montrent que plus l'aliment est ingéré tôt, meilleure est la maturité du poussin (maturité digestive et immunitaire) (Dibner et al., 1998 ; Noy et Sklan, 1999 ; Sklan et Noy, 2000 ; Uni et al., 1998). Différentes stratégies d'optimisation des performances des poulets de chair existent actuellement, notamment l'approche de mise en place précoce d'une flore stable et équilibrée (probiotiques, prébiotiques). Dans ce contexte, une nouvelle approche à base de levures inactivées spécifiquement sélectionnées présentant un potentiel de modulation du système immunitaire et d'interaction avec les bactéries (adhésion aux pathogènes : Dunière et al., 2016) a été évaluée au cours de cette étude. L'objectif de cette étude est de présenter une première méta-analyse évaluant l'effet d'une nouvelle association de fractions de levures sur les performances des poulets au démarrage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

Six essais ont été conduits en stations expérimentales ou en élevage entre 2015 et 2016 sur des poulets de chair (génétique Ross PM3 et 308, nombre total d'animaux : 3832 dont 360, 360, 210, 1536, 406 et 960 pour les essais 1, 2, 3, 4, 5, 6 respectivement) recevant un aliment témoin (T) ou une même nouvelle association de fractions de levures spécifiques (*Saccharomyces cerevisiae* et *Cyberlindnera jadinii*) (L : YANG®, Lallemand) à 800 g/tonne d'aliment pendant les premiers 10 jours (essais 1, 2, 3), 14 jours

(essais 4, 5) ou 11 jours (essai 6). Le dispositif expérimental de chaque essai est résumé dans le Tableau 1. Les poussins ont été répartis aléatoirement dans les parcs le 1<sup>er</sup> jour de chaque essai. Le descriptif des valeurs nutritionnelles (EM, protéine, lysine) pour chaque essai est indiqué dans le Tableau 1.

### 1.2. Paramètres mesurés

Le poids initial et en fin de démarrage, ainsi que le gain moyen quotidien (GMQ), l'ingéré et l'indice de consommation (IC = ingéré/GMQ) ont été analysés sur la période de démarrage par parc pour chacun des 6 essais. La mortalité pendant la phase de démarrage a été enregistrée quotidiennement dans chaque parc pour chacun des 6 essais.

### 1.3. Méta-analyse

L'analyse statistique de chaque essai individuellement ne permet pas de mettre en évidence des différences significatives entre les groupes T et L. Cependant, une différence numérique en faveur du groupe L dans la majorité des essais a incité à analyser ces essais par une méta-analyse globale pour tenter de mettre en évidence de manière statistique ces différences numériques. Le poids initial et en fin de démarrage, le gain moyen quotidien (GMQ), l'ingéré, l'indice de consommation (IC = ingéré/GMQ) et la mortalité sur la période de démarrage ont été analysés par une méta-analyse avec pondération par le nombre de parcs (modèle mixte linéaire avec l'aliment en facteur fixe et l'essai en facteur aléatoire) (Sauvant et al., 2008 ; Borenstein et al., 2007). Le GMQ et l'ingéré ont été corrigés avec les données de mortalité avec les équations suivantes :  $GMQ = (\text{poids en fin de démarrage} - \text{poids initial}) / (\sum \text{nombre de jours} \times \text{animaux présents})$  ;  $\text{ingéré} = (\text{quantité d'aliment distribué} - \text{quantité d'aliment refusé}) / (\sum \text{nombre de jours} \times \text{animaux présents})$ . Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel IBM SPSS Statistics 21.0 et les résultats considérés comme significatifs pour une probabilité  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Performances zootechniques

Aucune différence de poids initial n'est observée à l'arrivée des poussins entre les 2 groupes (Figure 1a). Les résultats par essai et les résultats de la méta-analyse sont indiqués en Fig 1b-1e. La nouvelle association de fractions de levures spécifiques permet d'augmenter significativement le poids en fin de démarrage (T : 362 g ; L : 375 g,  $P < 0,001$  – Figure 1b), la croissance (GMQ = T : 27,6 ; L : 28,6 g/animal/j,  $P < 0,001$  – Figure 1c), l'ingéré (T : 34,9 ; L : 35,8 g/animal/j,  $P < 0,001$  – Figure 1d) et d'améliorer significativement l'efficacité alimentaire (IC = T : 1,275 ; L : 1,267,  $P = 0,006$  – Figure 1e). Le poids en fin d'essai n'apparaît pas différent entre les 2 groupes : 2395 g pour le groupe T et 2393 g pour le groupe L ( $P = 0,724$ ). Ces valeurs sont cependant

indiquées à titre informatif et ne permettent pas de conclure à un effet de cette association de fractions de levures sur toute la durée du cycle car la durée de l'essai était différente selon les essais (35j pour les essais 1-4, 42j pour l'essai 5 et 38j pour l'essai 6) et le protocole de supplémentation en croissance et finition variait de 0 à 400 g/tonne d'aliment pour cette nouvelle association de fractions de levures spécifiques selon les essais.

## 2.2. Mortalité

Cette nouvelle association de fractions de levures spécifiques présente aussi un effet significatif sur la réduction de mortalité pendant la phase de démarrage, avec une mortalité de 3,7% pour le groupe T et de 2,9% pour le groupe L ( $P = 0,001$  – Figure 2).

## CONCLUSION

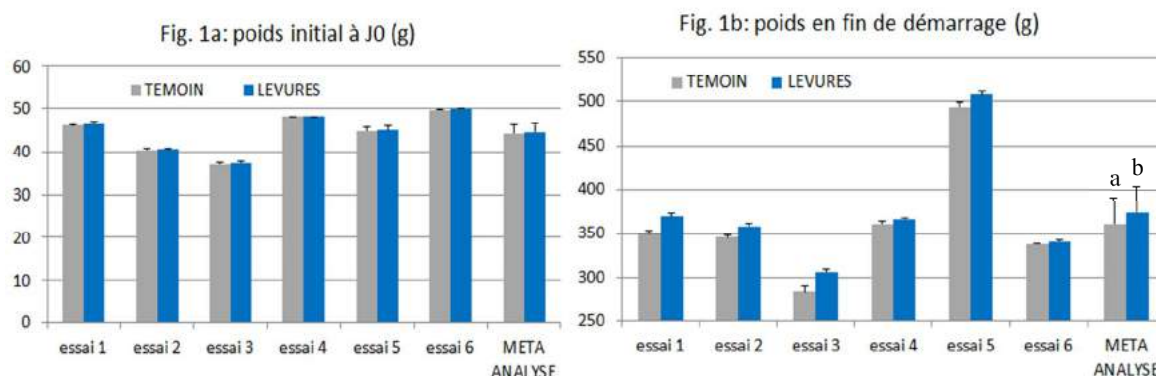
L'augmentation précoce et rapide de l'ingéré du poussin en élevage est essentielle pour éviter tout retard de croissance potentiel (Bigot et al., 2001 ; Dibner et al., 1998 ; Durot et al., 2014). Ainsi, dans un contexte de recherche de stratégies d'optimisation des performances des poulets de chair, la période de démarrage reste une phase importante pendant laquelle le système immunitaire et les fonctions digestives des animaux se développent. Cette étude, basée sur une méta-analyse de 6 essais réalisés en 2015 et 2016, présente les bénéfices d'une nouvelle association de fractions de levures spécifiques sur les performances zootechniques pendant cette phase critique de l'élevage de poulets de chair. D'autres investigations sont nécessaires pour élucider les mécanismes sous-tendant ces bénéfices.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

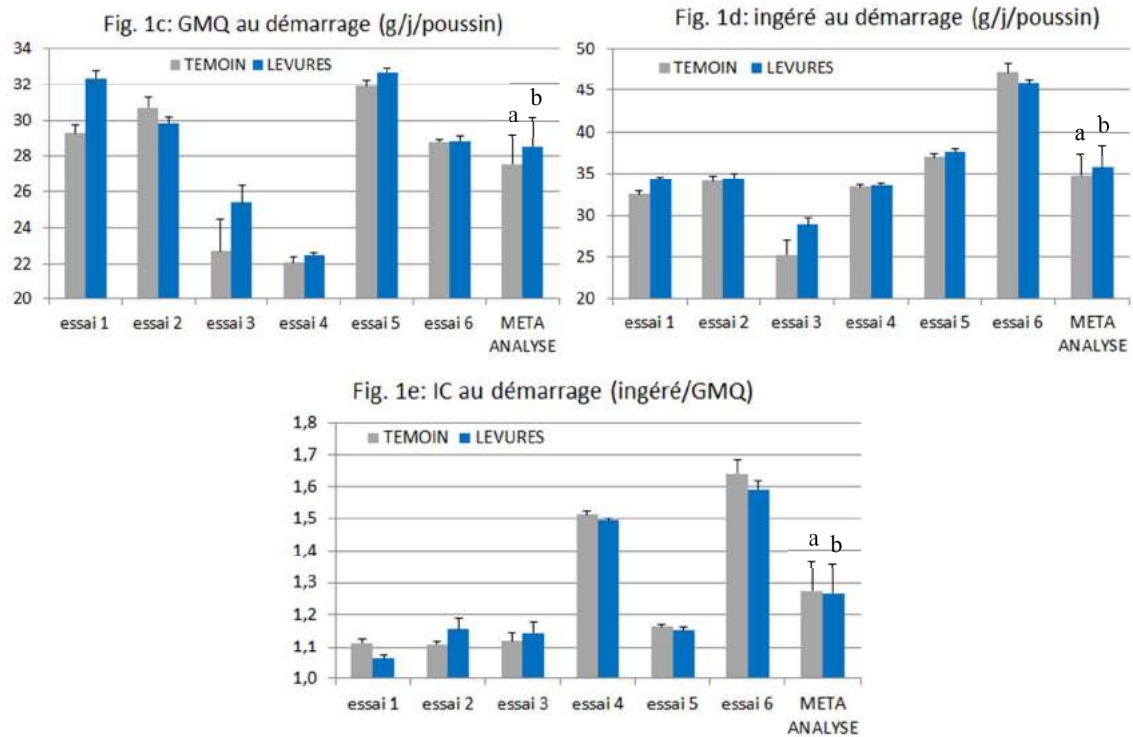
- Adjou K. et Kaboudi K., 2013. Démarrage du poulet de chair : une étape clé pour la conduite de la bande. Semaine vétérinaire n°1552 du 20/9/2013.
- Bigot K et al., 2001. INRA Prod. Anim., (14), 219-230.
- Borenstein et al., 2007. Meta-analysis. Fixed effect vs. random effects. [www.meta-analysis.com](http://www.meta-analysis.com)
- Dibner J.J. et al., 1998. Journal of Applied Poultry Research, (7): 425-436.
- Dunière L. et al., 2016. Yeast cell fractions inhibit EPEC adhesion onto T84 intestinal epithelial cells. Symposium on Gut Health in Production of Food Animals, November 14-16 2016, Saint Louis, Missouri.
- Sauvant et al., 2008. Animal, (2): 1203-1214.
- Durot A.L., 2014. Démarrage en élevage de poulets de chair de souche ROSS Evolution : facteurs de risques et conséquences. Mémoire de Fin d'Etudes, Master Biologie, Agronomie, Santé, Rennes.
- Noy Y. et SKLAN D., 1999. Journal of Applied Poultry Research, (8): 16-24.
- Sklan D. et Noy Y., 2000. Poultry Science, (7), 1306-1310.
- Uni Z., 1998. Poultry Science, (77), 75-82.

**Tableau 1.** Description du dispositif expérimental et valeurs nutritionnelles (EM, protéine, lysine) pour les 6 essais de l'étude

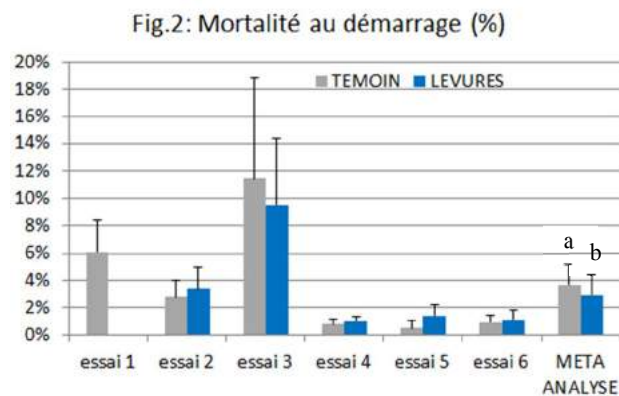
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Essai 4	Essai 5	Essai 6
Année	2015	2016	2016	2015	2015	2015
Pays	France	France	France	République Tchèque	Belgique	Hongrie
Localisation	Elevage	Elevage	Elevage	Station	Station	Station
Génétique	Ross PM3	Ross PM3	Ross 308	Ross 308	Ross 308	Ross 308
Nb total d'animaux	360	360	210	1536	406	960
Nb total d'animaux Témoin (T)	180	180	105	384	196	480
Nb total d'animaux Levures (L)	180	180	105	1152	210	480
Nb d'animaux/parc Témoin (T)	20	20	15	32	14	240
Nb d'animaux/parc Levures (L)	20	20	15	32	14	240
Nb de parcs Témoin (T)	9	9	7	12	14	2
Nb de parcs Levures (L)	9	9	7	36	15	2
Durée de la période de démarrage (j)	10	10	10	14	14	11
EM (kcal/kg MF)	3000	3000	3000	2913	2850	3011
Protéines (%)	23,0	23,0	23,0	22,7	21,3	22,3
Lysine (%)	1,42	1,42	1,42	1,35	1,32	1,47

**Figure 1.** Résultats par essai et résultat de la méta-analyse pour les performances zootechniques des 2 groupes T (Témoin) et Levures (L): poids initial (1a), poids en fin de démarrage (1b), gain moyen quotidien au démarrage (1c), ingéré au démarrage (1d) et indice de consommation (1e). Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne. Seules les différences significatives sont signifiées (a, b :  $P < 0,05$ )





**Figure 2.** Taux de mortalité sur la période du démarrage pour les 2 groupes T (Témoin) et Levures (L) par essai et pour la méta-analyse. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard de la moyenne (a, b :  $P = 0,001$ ).



## EFFETS D'UN ALIMENT POST ECLOSION SUR LES PERFORMANCES DE POULETS MALES

S. Leleu<sup>1</sup>, S. De Vos<sup>2</sup>, L. Maertens<sup>1</sup> et N. Quilichini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ILVO, Burgemeester Van Gansberghelaan 92 box 1, 9820 Merelbeke, Belgique

<sup>2</sup>INVE België, Oeverstraat 7, 9200 Baasrode, Belgique

<sup>3</sup>IB Nutrition, Parc d'innovation de Mescoat, 29800 Landerneau, France

[n.quilichini@ibnutrition.fr](mailto:n.quilichini@ibnutrition.fr)

### RÉSUMÉ

L'objectif de cet essai était de déterminer l'effet d'un aliment post éclosion sur les performances techniques de poulets mâles de souche Ross 308. 720 poussins d'un jour ont été nourris soit avec un aliment post éclosion (PE) ou un aliment démarrage classique (D) sur un carton durant les 24 premières heures suivant leur arrivée dans le bâtiment, soit 12 cases de 30 poussins par traitement. Ensuite, des mangeoires ont été placées dans les cases et le cartons ont été enlevés dès qu'ils étaient vides.

Un programme alimentaire en 3 phases a été appliqué avec un aliment démarrage (1-13j), puis un aliment croissance (13-26j) et enfin un aliment finition (26-36j). Le poids vif et la consommation d'aliment ont été mesurés par case à la fin de chaque période tandis que le gain de poids (GMQ) et l'indice de consommation (IC) ont été calculés. Une analyse MLG a été réalisée avec les traitements PE/D comme facteur fixe et la localisation des cases comme facteurs aléatoires. A la fin de l'essai, les poulets du traitement PE pesaient 3,9% de plus (2602 g vs 2504 g,  $p<0.001$ ), avaient un GMQ supérieur de 4,0% (72.3g vs 69.5 g,  $p=0.001$ ) et avaient consommé 2,8% d'aliment en plus (109.3g vs 106.3g,  $p<0.01$ ) comparativement aux poulets du traitement D, tous ces écarts étant significatifs ( $p<0.01$ ) et leur indice de consommation standardisé à 2,5kg était amélioré de presque 4 points (1.493 vs 1.529,  $p<0.02$ ). Nous pouvons conclure que la distribution d'un aliment post éclosion durant les 24 premières heures permet d'augmenter significativement les performances techniques des poulets mâles.

### ABSTRACT

#### Effects of a post hatch feed on male broiler performances

The objective of the trial was to determine the effect of a post hatch feed on the production performances of male broilers. For this, one-day-old chicks were fed a post hatch feed (PE) or a common starter (D) on a carton plate during the first 24h after arrival in the stable. 12 pens (=replicates) with 30 male broilers per pen received either PE or D (900 g/pen). Subsequently the feeders were placed in the pens and the carton plates were removed as soon as they were empty. A three-phase feeding scheme was applied with a starter (1-13d), grower (13-26d) and finisher (26-36d) feed. Per pen, body weight (BW) and feed intake (FI) were measured at the end of each period, while weight gain (BWG) and feed conversion ratio (FCR) were calculated. A GLM analysis was performed with PE/D treatment as fixed factor, and pen location as random factors. At the end of the trial, PE fed broilers had a 3.9% higher mean BW (2602 g vs 2504 g,  $p<0.001$ ), a 4.0% higher BWG (72.3 g vs 69.5 g,  $p=0.001$ ) and a 2.8% higher FI (109.3 g vs 106.3 g,  $p<0.01$ ) compared to the D fed broilers and their FCR adjusted to the weight 2500g was almost 4 points lower (1.493 vs 1.529,  $p<0.02$ ). It can be concluded that feeding a post hatch feed during the first 24 hours, significantly improves male broiler performances.

## INTRODUCTION

Il est de pratique courante de distribuer en élevage de poulets de chair le même aliment dit de démarrage de l'arrivée des poussins jusqu'à une dizaine de jour d'âge. Or, les besoins nutritionnels des poussins d'un jour et des poulets de 10 jours ne sont pas identiques (Lilburn M.S., 1998). De plus, le système digestif des poussins d'un jour n'est pas mature, les enzymes telles que les lipases et les amylases ne sont pas produites en quantité suffisante lors des premiers jours pour une digestion optimale des aliments (Noy Y., Sklan D., 1998). L'objectif de cette étude est de mesurer les effets de la distribution d'un aliment post éclosion spécialement formulé pour répondre aux besoins des poussins d'un jour sur les performances de poulets de chair.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et bâtiments

Des poussins d'un jour mâles Ross 308 ont été utilisés pour cet essai (couvereur Belgabroed Hatchery, Merksplas, Belgium). Les animaux ont été répartis en 24 cases de 30, avec une densité de 15 animaux/m<sup>2</sup>. La litière était composée de copeaux de bois. Le chauffage central et une lampe infrarouge par case assuraient une température conforme aux besoins. Le programme lumineux était de 18L:6N de l'âge de 7 jours jusqu'à la fin de la période d'essai. La ventilation était dynamique avec une entrée d'air centrale au sommet de l'édifice et l'extraction de l'air des deux côtés. Le niveau de ventilation dépendait de la température mesurée et l'âge des poulets de chair.

### 1.2. Aliments

2 traitements ont été testés.

Le jour de l'arrivée (J0), les animaux recevaient soit un aliment de démarrage classique (D) soit un aliment post éclosion (PE) (FAST®, INVE) distribué dans une assiette en carton : 30 g/poussin (900g par assiette par case). 24 heures plus tard, les augettes avec l'aliment démarrage ont été ajoutées dans les cases des deux traitements. Les assiettes en carton ont été enlevées dès qu'elles étaient vides.

L'aliment PE est composé de protéines végétales très digestibles, d'un mélange de fibres solubles et insolubles et de sucres rapidement assimilables. Ses caractéristiques ont décrites dans le tableau 1. Il est présenté sous forme d'un mélange de farine et de vermicelle de même composition.

Un programme alimentaire en 3 phases a été appliqué avec un aliment démarrage (0-13j), puis un aliment croissance (13-26j) et enfin un aliment finition (26-36j). Les aliments ont été distribués ad libitum dans les augettes, en farine grossière pour l'aliment démarrage et en granulés pour les aliments croissance et finition.

La composition des aliments est présentée dans le tableau 1.

### 1.3. Informations complémentaires

Les poulets ont été vaccinés contre la maladie de Newcastle le premier jour et à 15 jours d'âge.

Des recherches de salmonelles ont été réalisées sur les papiers des boîtes de transport à l'arrivée des poussins et avant le départ des animaux à l'abattoir et elles se sont révélées négatives.

Deux fois par jour, les animaux et les installations ont été inspectés pour vérifier l'état de santé général, l'approvisionnement constant en aliment et en eau, la ventilation et la température et le décompte des animaux morts.

### 1.4. Mesures

Le poids moyen des cases a été mesuré à la mise en place, et après 13, 26 et 36 jours d'âge. La consommation d'aliment a été relevée sur les périodes respectives : 0-13, 13-26, 26-36 jours. L'indice de consommation et la croissance quotidienne ont été calculés pour les périodes 0-13, 13-26, 26-36 jours et aussi pour les périodes cumulées 0-26 et 0-36 jours. Un indice de consommation standardisé à un poids de 2.5kg a été calculé : une correction de 0.02 a été apportée par tranche de 100 grammes au-dessus ou au-dessous de 2.5kg.

La mortalité a été enregistrée par case.

### 1.5. Traitement des données

Une analyse MLG (logiciel : Statistica 12.5, StatSoft Europe GmbH,) a été réalisée avec les traitements P/D comme facteur fixe et la localisation des cases comme facteurs aléatoires. Dans les tableaux, les valeurs p sont données. Les données qui diffèrent significativement ont une valeur p inférieure à 0.05.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

A la mise en place, les poussins d'un jour étaient de bonne qualité avec un poids moyen de 44.5g.

Les poussins provenant de différentes boîtes de transport ont été répartis dans les 2 traitements.

Les animaux n'ont pas montré de signes cliniques de problèmes de santé durant l'essai et aucun traitement médicamenteux n'a été nécessaire. Les résultats sont synthétisés dans le tableau 2.

A la fin de la période de démarrage (0-13 jours), les animaux qui ont reçu l'aliment post éclosion (PE) le premier jour avaient un poids vif, une consommation d'aliment journalière et une croissance journalière significativement supérieurs comparés à ceux qui ont reçu l'aliment de démarrage le premier jour (D).

Concernant l'indice de consommation, une tendance à l'amélioration en faveur des animaux ayant consommé l'aliment post éclosion est observée (p=0.057). Aucune différence significative n'est

observée sur la mortalité. La consommation d'aliment plus précoce dans le groupe PE est la conséquence de la composition de l'aliment PE qui contient des sources de carbohydrates spécifiques pour que l'appétence et l'attractivité pour les jeunes poussins soient stimulées. De plus, les carbohydrates sont très importants pour le rétablissement de l'homéostasie métabolique des poussins qui ont perdu beaucoup d'énergie pendant l'éclosion (Turner K., 1991). Des nutriments très digestibles et rapidement disponibles pour le poussin permettent aussi une meilleure croissance et une tendance à l'amélioration de l'IC.

Durant la phase de croissance (13-26 jours), les différences entre les deux traitements sont les mêmes que pendant la phase de démarrage.

Du début de l'essai jusqu'au jour 26 (0-26 jours), les résultats sont comparables à la phase de croissance excepté pour l'indice de consommation.

A la fin de la période de finition (26-36 jours), les animaux nourris avec l'aliment post éclosion durant le premier jour avaient un poids vif significativement supérieur en comparaison avec les animaux qui ont reçu l'aliment démarrage (2602 vs 2504 soit +3.9%). Bien que les résultats numériques soient supérieurs pour la consommation journalière, le gain de poids et l'indice de consommation, il n'y a pas de différences significatives sur ces paramètres sur la période de finition (seulement une tendance pour le gain de poids  $p=0.052$ ).

Sur l'ensemble de la période (0-36 jours), les animaux qui avaient reçu l'aliment post éclosion (PE) avaient une croissance journalière supérieure de 4,0% (72.3g vs 69.5 g), une consommation d'aliment supérieure de 2,8% (109.3g vs 106.3g) et leur indice de

consommation standardisé à 2,5kg était amélioré de presque 4 points (1.493 vs 1.529,  $p<0.02$ ) comparativement aux poulets du traitement D, tous ces écarts étant significatifs.

La mortalité sur l'ensemble de la période ne différait pas entre les 2 traitements.

Les meilleures performances des poulets qui avaient reçu l'aliment post éclosion (PE) s'expliquent d'une part par un meilleur démarrage des poussins les premiers jours. Noy et Sklan (2001) ont démontré qu'une ingestion précoce le plus rapidement possible après l'éclosion est responsable de l'initiation du développement du tractus gastro-intestinal. De plus, la croissance des organes intestinaux des poussins est maximale les premiers jours après l'éclosion (Rougière N., 2010), l'aliment PE a contribué à favoriser le développement et la santé intestinale. Ces effets sur l'intestin peuvent expliquer l'amélioration de l'indice standardisé des animaux sur l'ensemble de la période expérimentale

## CONCLUSION

La distribution d'un aliment post éclosion lors des premières 24 heures à l'arrivée en élevage permet d'améliorer significativement les performances techniques des poulets de chair mâles.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Lilburn M.S., 1998. J Appl Poult Res, 7 (4): 420-424.  
 Noy Y., Sklan D., 1998. J Appl Poult Res, 7 (4): 437-451.  
 Noy Y., Sklan D., 2001. Poultry Science, 80: 1490-1495.  
 Rougière, N., 2010. Thèse de doctorat, Université François Rabelais. Tours  
 Turner K., 1991. Thesis. The Ohio State University, Wooster, U.S.

**Tableau 1.** Composition des aliments

<b>Composition (%)</b>	<b>Démarrage</b>	<b>Croissance</b>	<b>Finition</b>
Blé	34	43	57
Tourteau soja 49	25	24	20.5
Maïs	24	15	5
Graines de soja extrudées	4	4	4
Tourteau de colza	3	3	3
Huile de palme	3.5	4.5	4.5
Huile de colza	0.5	1.5	2
Prémix	6	5	4

<b>Constituants analytiques</b>	<b>Post Eclosion</b>	<b>Démarrage</b>	<b>Croissance</b>	<b>Finition</b>
Protéine brute (%)	21	21.6	20	19.4
Matières grasses (%)	6.8	6.9	7.6	8.8
Cellulose brute (%)	5.1	2.8	2.9	2.9
Cendres brutes (%)	5.8	5.5	5	4.7
Lysine totale (%)	1.47	1.33	1.22	1.13
Energie métabolisable (MJ/kg)	2880	3083	3148	3260
Energie métabolisable (kcal/kg)	12.05	12.90	13.17	13.64

**Tableau 2.** Résultats techniques en fonction du traitement (valeurs moyennes et écarts types)

	<b>Démarrage</b>	<b>Post éclosion</b>	<b>P</b>
<b>Poids vif/animal (g)</b>			
<b>J0</b>	44.6 +/- 0.4	44.4 +/- 0.8	>0.1
<b>J13</b>	381.9 +/- 13.5	407.6 +/- 10.8	<0.001
<b>J26</b>	1454 +/- 33	1514 +/- 17	<0.001
<b>J36</b>	2504 +/- 67	2602 +/- 45	<0.001

	Démarrage	Post éclosion	P
<b>Consommation aliment (g/j)</b>			
<b>J0-13</b>	35.2 +/- 0.9	36.6 +/- 0.8	<b>&lt;0.01</b>
<b>J13-26</b>	114.4 +/- 2.7	119.3 +/- 1.8	<b>&lt;0.001</b>
<b>J0-26</b>	74.8 +/- 1.5	77.9 +/- 1.1	<b>&lt;0.001</b>
<b>J26-36</b>	188.1 +/- 4.2	191 +/- 4.3	>0.1
<b>J0-36</b>	106.3 +/- 2.1	109.3 +/- 1.7	<b>&lt;0.01</b>
<b>GMQ (Gain moyen quotidien en g/j)</b>			
<b>J0-13</b>	25.9 +/- 1.0	27.9 +/- 0.8	<b>&lt;0.001</b>
<b>J13-26</b>	82.5 +/- 1.9	85.1 +/- 1.3	<b>&lt;0.01</b>
<b>J0-26</b>	54.2 +/- 1.2	56.5 +/- 0.6	<b>&lt;0.001</b>
<b>J26-36</b>	104.9 +/- 4.9	108.9 +/- 4.1	0.052
<b>J0-36</b>	69.5 +/- 1.9	72.3 +/- 1.3	<b>0.001</b>
<b>IC (Indice de consommation)</b>			
<b>J0-13</b>	1.359 +/- 0.062	1.310 +/- 0.057	0.057
<b>J13-26</b>	1.402 +/- 0.013	1.387 +/- 0.021	0.056
<b>J0-26</b>	1.380 +/- 0.012	1.379 +/- 0.015	>0.1
<b>J26-36</b>	1.796 +/- 0.092	1.755 +/- 0.043	>0.1
<b>J0-36</b>	1.530 +/- 0.032	1.513 +/- 0.016	>0.1
<b>IC<sub>2500</sub></b>	1.529 +/- 0.043	1.493 +/- 0.022	<b>&lt;0.05</b>
<b>Mortalité</b>			
<b>J0-36</b>	11 (3.1%)	12 (3.3%)	>0.1

# Effets d'un aliment post éclosion sur les performances de poulets mâles

S. Leleu<sup>1</sup>, S. De Vos<sup>2</sup>, L. Maertens<sup>1</sup>, and N. Quilichini<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ILVO, Scheldeweg 68, 9090 Melle, Belgique

<sup>2</sup>INVE Belgium R&D, Oeverstraat 7, 9200 Baasrode, Belgique

<sup>3</sup>IB Nutrition, Parc d'innovation de Mescoat, 29800 Landerneau, France

## Introduction

Répondre aux besoins spécifiques des poussins d'un jour peut permettre d'obtenir de meilleures performances à la fin du lot. Cela peut être réalisé en distribuant un aliment post éclosion pendant les 24 premières heures suivant l'arrivée des poussins en élevage.

## Objectif

L'objectif était de déterminer l'effet d'un aliment post éclosion 24 h sur les performances techniques de poulets mâles de souche Ross 308.

## Résultats

Les valeurs moyennes et écarts types à la fin de l'essai (0-36j) sont synthétisés dans le tableau.

Pour tous les paramètres, il y avait des différences significatives

## Matériel & Méthodes

- Poussins mâles Ross 308: 30 poussins par case
- Programme alimentaire en 3 phases:
  - Aliment démarrage: 0-13j (farine grossière)
  - Aliment croissance: 13-26j (granulé)
  - Aliment finition: 26-36j (granulé)
- Traitements (12 cases par traitement):
  - **D**: avait reçu un aliment démarrage classique
  - **PE**: avait reçu 30 g aliment post éclosion par poussin durant les 24 premières heures suivant l'arrivée dans le bâtiment
- Par case: détermination du poids vif (PV) et de la consommation moyenne journalière d'aliment (CMJ) Calcul du gain de poids (GMQ) et de l'indice de consommation standardisé à un poids de 2.5 kg (IC2500)

	PV (g/animal)	GMQ (g/j/anim)	CMJ (g/j/anim)	IC2500
<b>D</b>	<b>2504</b> ± 67	<b>69.5</b> ± 1.9	<b>106.3</b> ± 2.1	<b>1.529</b> ± 0.054
<b>PE</b>	<b>2602</b> ± 45	<b>72.3</b> ± 1.3	<b>109.3</b> ± 1.7	<b>1.493</b> ± 0.030

## Conclusions

La distribution de 30 g d'un aliment post éclosion par poussin à l'arrivée en élevage  
⇒ **améliore significativement les performances techniques des poulets de chair mâles**



Contact: [info@invebelgie.be](mailto:info@invebelgie.be)



**Flanders**  
is agriculture and fisheries



Advanced Solutions  
for animal rearing

**ILVO**  
Institute for Agricultural  
and Fisheries Research

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are very grateful to Jolien Vander Linden and the animal care takers for their skillful technical support.

# INCIDENCE DU NIVEAU DE SAPONINES DANS LE CONCENTRE PROTEIQUE DE LUZERNE SUR L'INGESTION ET LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE POULETS DE CHAIR

Coulmier Didier<sup>1</sup>, Huard Mireille<sup>2</sup>, Faussier Geneviève<sup>3</sup> et Rocaboy Gaétan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>DESIALIS – Complexe Agricole Mont Bernard - 51007 CHALONS EN CHAMPAGNE

<sup>2</sup>CCPA – ZA du Bois Teillay, Quartier du Haut Bois - 35150 JANZE

<sup>3</sup>TFN – Route de Saint Etienne de Montluc – 44220 COUERON

[didier.coulmier@desialis.fr](mailto:didier.coulmier@desialis.fr)

## RÉSUMÉ

Le concentré protéique de luzerne (CPL) est utilisé en alimentation avicole comme source de protéines et de pigments. Il contient également des saponines qui sont susceptibles d'entraîner des problèmes d'appétence ou de baisses de performances. L'objectif de l'étude est de vérifier si la réduction du taux de saponine dans le CPL pourrait améliorer son utilisation en nutrition avicole. Une comparaison des performances zootechniques chez des poulets d'élevage avec des aliments contenant deux types de CPL (CPLS : CPL standard à 0.79% de saponines et CPLD : CPL désaponisé à 0.04% de saponines) et à différents taux d'incorporation (2/4/6%) a été réalisée.

7 lots de 27 poulets Ross PM3 allotés sur les poids vifs à 8 jours, élevés en cage individuelle entre 9 et 28 jours d'âge et nourris ad libitum ont été affectés à 7 aliments formulés selon les mêmes caractéristiques nutritionnelles (27 répétitions par traitement). Les 7 aliments comprenaient : un témoin, puis 3 niveaux d'incorporation de 2, 4 et 6% de CPLS et 3 niveaux d'incorporation de 2, 4 et 6% de CPLD en substitution au tourteau de soja. Les mesures ont porté sur les consommations d'aliments et les poids vifs en fin de période.

L'analyse de variance à modèle linéaire général univarié ne montre aucune différence entre les traitements et le témoin sur les consommations d'aliment moyennes journalières (105.9 g/j) et sur les performances de croissance (GMQ de 65,0 g et ICT de 1,631). L'abaissement des teneurs en saponines du CPL n'a donc que peu d'intérêt jusqu'à 6% d'incorporation dans les formules de poulets de chair.

## ABSTRACT

### Impact of saponin level in alfalfa protein concentrate on broiler performance

Alfalfa protein concentrate (APC) is used in poultry feed as a source of protein and pigments. It also contains saponins which may lead to palatability issues or performance degradation. The objective of the study is to check whether reducing the level of saponins in APC could improve its use in poultry nutrition. A comparison of zootechnical performance was established between feeds containing two types of APC (CPLS: standard APC - 0.79% saponins and CPLD: desaponised APC - 0.04% of saponins) at different incorporation rates (2, 4, 6, %).

7 batches of 27 Ross PM3 broilers allocated upon live weight at 8 days, reared in individual cages between 9 and 28 days of age and fed ad libitum were assigned to 7 feeds formulated according to the same nutritional characteristics (27 replicates by treatment). The 7 feeds included: a control feed, then 3 incorporation levels of 2, 4 and 6% of CPLS and 3 incorporation levels of 2, 4 and 6% of CPLD as a substitute of soybean meal. The measures focused on feed consumption and live weight at the end of the period.

The analysis of variance by GLM (general linear model) reveals that there is no difference between the treatments on average daily feed consumption (105.9 g/d) and on growth performance (65.0 g ADG and FCR of 1,631). Therefore, there is little purpose in lowering the levels of saponins in APC for an increased use in poultry feed.



## INTRODUCTION

Le concentré protéique de luzerne (CPL) est utilisé en alimentation avicole comme source de protéines et de pigments (Margas & Nys 1997, Bouvarel et al. 2010). Tout comme les xanthophylles (oxy-caroténoïdes) assurant les propriétés pigmentantes de la luzerne et du CPL en aviculture sont des métabolites de la plante cultivée, d'autres composés présents assurent la défense de la plante contre les agressions extérieures par la mise en place de mécanismes de résistance comme les saponines (Birk 1969, Sen et al. 1998). Plusieurs études menées sur l'utilisation de la luzerne en aviculture ont pu mettre en évidence des limites liées à la présence de saponines que ce soit en termes d'appétence ou de performance de production (Cheeke 1989, Pracros 1988) ce qui a conduit à des recommandations de limite d'utilisation des CPL (Larbier & Leclercq 1992).

On peut donc penser que la réduction du taux de saponines dans le CPL pourrait améliorer l'utilisation en alimentation avicole de cette protéine d'origine française et pourrait ainsi participer à l'amélioration de l'autonomie protéique de l'élevage européen. L'objectif de la présente étude est de comparer les performances zootechniques chez des poulets d'élevage nourris avec des aliments contenant des CPL à différents taux de saponines. Le test de différents niveaux d'incorporation dans les aliments permettra de préciser les conditions d'utilisation.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Préparation et caractérisation du concentré protéique désaponisé

La production de CPL (commercialisé sous les noms de PX Agro® ou ANC®) passe par une étape où l'on obtient à partir de jus de luzerne un coagulat protéique qui est ensuite séché sur lit fluidisé et granulé pour obtenir le produit final (Andurand et al. 2010) après un éventuel émiettage.

Un lot homogène de coagulat protéique de luzerne (50,9% Matière Sèche) issu de l'usine TNA à Aulnay aux Planches (51) a été prélevé puis conservé congelé à une température de -18°C. Après transfert sur le site Extractis à Dury (80), le lot a été décongelé pour être traité. Le traitement a consisté en la séparation en 2 lots homogènes. Le premier lot a été séché par lyophilisation pour donner un produit proche du standard commercial : CPLS. Le second lot a été traité selon les étapes suivantes :

- dispersion du coagulat protéique dans 5 volumes d'eau,
- ajustement du pH à 8,5 par une solution d'ammoniaque à 20%,
- agitation pendant 1 heure à 50°C,

- séparation dans uneessoreuse à panier (1800 tr/mn),
- séchage du coagulat protéique lavé (51,2 % Matière Sèche) par lyophilisation,

pour obtenir le produit désaponisé : CPLD.

La mesure de la teneur en saponines des 2 produits a été réalisée selon un dosage gravimétrique :

- peser 30 g d'échantillon,
- ajouter 150 ml d'eau distillée,
- faire bouillir à reflux pendant 3 heures,
- filtrer sur Büchner et rincer à l'eau distillée,
- extraire 3 fois la phase aqueuse dans une ampoule à décanter par du n-butanol saturé en eau selon la séquence suivante :
  - 150 ml de n-butanol saturé,
  - 75 ml de n-butanol saturé,
  - 75 ml de n-butanol saturé,
- rejeter la phase aqueuse, la phase n-butanol contient les saponines,
- évaporer sous vide la phase n-butanol,
- reprendre le résidu 2 fois par 50 ml de méthanol
- filtrer sur verre fritté n°3 ou 4,
- évaporer le filtrat sous vide,
- reprendre le résidu dans le minimum de méthanol (10 ml) et précipiter les saponines en ajoutant 5 fois le volume d'éther éthylique,
- récupérer le précipité sur un verre fritté n° 4 taré, laver avec l'éther éthylique,
- sécher le précipité sur P205 sous vide pendant une nuit,
- peser.

### 1.2. Essai zootechnique

#### Animaux et alimentation

L'essai est mené sur 189 poulets mâles Ross PM3 élevés de 1 à 28 jours en cages individuelles. A 8 jours, ils sont répartis en 7 lots en fonction de leur poids. Ils sont nourris ad libitum selon 7 aliments formulés selon les mêmes caractéristiques nutritionnelles théoriques. Les 7 aliments comprennent : un Témoin (T), 3 niveaux d'incorporation de 2, 4 et 6% de CPL standard (notés respectivement **CPLS2**, **CPLS4** et **CPLS6**) et 3 niveaux d'incorporation de CPL désaponisé de 2, 4 et 6% (notés respectivement **CPLD2**, **CPLD4** et **CPLD6**). Les caractéristiques des aliments essais sont présentées au tableau 2. Les aliments sont présentés sous forme de miettes en démarrage et granulés entre 9 et 28 j. Les animaux reçoivent l'aliment et l'eau à volonté.

#### Mesures et analyses

Le poids vif plein, la consommation d'aliment sont mesurés individuellement à 8 et 28 jours.

#### Traitement statistique

Le traitement statistique des données (performances) a été réalisé par analyse de variance selon la

procédure UNIANOVA (modèle linéaire général) de SPSS 17 avec l'effet traitement facteur fixe et poids initial en covariable. Le seuil de signification est de 5%. Les données avec résidus standardisés ( $> 3$  en valeur absolue sur la CMJ) ont été écartées car jugées aberrantes. Le traitement ANOVA a été refait sur le nouveau jeu de données ainsi obtenu.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

La préparation des 2 lots de CPL a conduit à 2 produits différents par leur composition chimique (tableau 1) et en particulier pour la teneur en saponine puisque le lot CPLD est 20 fois moins concentré que le lot CPLS. A l'image des matières minérales l'opération de lavage a probablement entraîné des substances solubles (sucres, acides organiques...) présentes dans le coagulat protéique initial, ce qui a entraîné une augmentation de la teneur en protéines du CPL désaponisé. Les niveaux de saponines mesurés (0,79 et 0,04 %) sur les CPL testés sont cohérents avec ceux retrouvés dans la littérature sur luzerne (variant de 0,5 à 2,5 % - Bickoff et al. 1972) ou sur CPL (0,1 à 1,9 % - Cheeke 1983).

Les aliments ayant été formulés sur la base théorique de composition des CPLS, on observe à l'analyse des aliments (tableau 3) des écarts mineurs par rapport aux valeurs attendues en protéines brutes et matières grasses brutes. Ces écarts n'engendrent pas de différences de teneurs en protéines et matières grasses entre aliments testés.

Les résultats des performances (moyenne marginale ramenées au même poids initial) sont présentés dans le tableau 4. Dans les conditions de l'essai, à 28 jours, les valeurs observées n'ont pas pu être jugées comme différentes (écarts maximaux de 3.2 g sur la CMJ et de 2.4 g sur le GMQ). Dans ces conditions, les performances des poulets ne sont donc pas significativement différentes aussi bien en ce qui concerne la consommation journalière, le poids final, le GMQ ou l'indice de consommation. L'absence d'impact de teneurs différentes en saponines de luzerne des CPL sur l'ingestion par les volailles a déjà été observée dans la littérature (Cheeke 1983, Dong et

al. 2007, Clavé et al. 2015) alors que d'autres plus anciennes suggèrent l'inverse (Cheeke 1983, Whitehead et al. 1981), mais à des teneurs supérieures à 0,1% de saponines dans l'aliment. Dans le cas du présent essai, les teneurs théoriques des aliments en saponines apportées par le CPL n'ont jamais dépassé 0,047 % (dans le lot **CPLS6**).

Dans cet essai l'utilisation de CPL dans l'alimentation des animaux à des doses de 2, 4 et 6%, n'a pas conduit à une baisse des performances de croissance comme le relèvent de nombreux articles (Cheeke 1983, Whitehead et al. 1981) où les doses de saponines de luzerne dans l'aliment dépassaient 0,4%. Clavé et al. (2015) notent une baisse de croissance et de l'indice de consommation avec un aliment contenant 5 % de CPL biologique en aliment croissance et 6,5% en finition. Le CPL produit selon le mode de production biologique n'autorise pas aujourd'hui l'usage d'auxiliaires technologiques de contrôle du pH (RCE 889/2208) comme il est utilisé en production conventionnelle (Andurand et al. 2010). Or des études rapportées par Cheeke (1983) montrent qu'une non maîtrise du pH au cours du process peut entraîner une concentration des saponines de luzerne dans le CPL. La hausse probable des teneurs en saponines des CPL biologiques du fait du non contrôle du pH du process pourrait expliquer les baisses de performances mesurées dans ce type d'utilisation.

Ce résultat rejoint celui de Dong et al. (2007) où l'apport de 0,003% de saponine de luzerne dans l'alimentation de poulet n'a pas d'impact sur les performances zootechniques.

## CONCLUSION

Jusqu'à une dose d'incorporation de 6%, l'utilisation de CPL n'a pas posé de problème d'ingestion, ni de croissance des poulets. Les performances de croissance sont comparables au lot témoin sans CPL quel que soit le type de CPL consommé à forte ou faible teneur en saponines. Cet essai ne permet donc pas de conclure sur l'intérêt de l'abaissement des teneurs en saponines du CPL pour l'augmentation de son utilisation en alimentation avicole.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andurand J., Coulmier D., Despres J.L., Rambourg J.C., 2010. *Innovations Agronomiques* 11, 147-156  
 Bickoff E.M., Kohler G.O., Smith D., 1972. In : *Alfalfa Science and Technology*, Am. Soc. Agronomy, 247-282  
 Birk Y., 1969. In : *Toxic Constituents of Plant Food Stuffs*, 2<sup>nd</sup> Ed., Academic Press : New York, 161-182  
 Bouvarel I., Nys Y., Panheleux M., Lescoat P., 2010. *INRA Prod. Anim.*, 23 (2), 167-182  
 Cheeke P.R., 1983. In : *Leaf Protein Concentrates*, The Avi Publishing C°, 396-414

Clavé H., Quentin M., Van Der Horst F., Coulmier D., Bouvarel I., 2015. 11<sup>èmes</sup> J. Rech. Avic., Tours, 745-749  
 Dong X.F., Gao W.W., Tong J.M., Jia H.Q., SA, R.N., Zhang Q., 2007. Poultry Science 86, 1955-1959  
 Larbier M., Leclercq B., 1992. In : Nutrition et Alimentation des Volailles. INRA Ed., 278-287  
 Margas C., Nys Y., 1997. 2<sup>èmes</sup> J. Rech. Avic., Tours, 203-206  
 Pracros P. 1988. Agronomie, 8 (3), 257-263  
 Règlement (CE) N° 89/2008 d'application relative à la production biologique. JO N° L250 du 18/09/2008  
 Sen S., Makkar H. P. S., Becker K., 1998. J. Agric. Food Chem., 46, 131-140  
 Whitehead C.C., Mac Nab J.M., Griffin H.D., 1981. British Poultry Science, 22, 281-288

**Tableau 1.** Composition des 2 lots de concentré protéique de luzerne (exprimées sur sec)

	CPLS	CPLD
Matière Sèche (% sur brut)	98,6	98,0
Protéines Brutes (%)	58,3	63,4
Matières Minérales (%)	14,0	12,3
Carotène (ppm)	358	427
Xanthophylles Totales (ppm)	1162	1160
Saponines (%)	0,79	0,04

*CPLS : concentré protéique de luzerne standard*

*CPLD : concentré protéique de luzerne désaponisé*

**Tableau 2.** Formulation des aliments expérimentaux

	T	CPLS2	CPLS4	CPLS6	CPLD2	CPLD4	CPLD6
Blé	25	25	25	29.93	25	25	29.93
Maïs	32.6	31.99	30.8	26.3	31.99	30.8	26.3
Tourteau de soja	25.7	23.5	21.1	18.8	23.5	21.1	18.8
Gluten Feed blé	4	5	6	6	5	6	6
Pois	3	3	4	4	3	4	4
Tourteau de tournesol	4.55	4.6	4.4	4.5	4.6	4.4	4.5
CPLS		2	4	6			
CPLD					2	4	6
Huile							
Carbonate	0.92	0.7	0.62	0.45	0.7	0.62	0.45
Phosphate	2	2	1.83	1.8	2	1.83	1.8
CMV *	2.23	2.21	2.25	2.22	2.21	2.25	2.22
Energie							
Métabolisable kcal	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
Protéines brutes %	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
Matière grasses %	2.2	2.4	2.5	2.6	2.4	2.5	2.6
Matières minérales %	6.7	6.7	6.6	6.5	6.7	6.6	6.5

*\*CMV : prémix oligo-vitamines, bicarbonate de sodium, acides aminés*

*CPLS2, CPLS4, CPLS6: aliments avec concentré protéique de luzerne standard à 2, 4, ou 6 % d'incorporation*

*CPLD2, CPLD 4, CPLD6 : aliments avec concentré protéique de luzerne désaponisé à 2,4, ou 6% d'incorporation*

**Tableau 3.** Analyse des aliments expérimentaux

	Matières grasses %	Protéines brutes %
<b>T</b>	2.2	20.6
<b>CPLS2</b>	2.4	21.0
<b>CPLS4</b>	2.4	20.8
<b>CPLS6</b>	2.7	21.0
<b>CPLD2</b>	2.4	20.9
<b>CPLD4</b>	2.6	21.0
<b>CPLD6</b>	2.4	21.0

*CPLS2, CPLS4, CPLS6: aliments avec concentré protéique de luzerne standard à 2, 4, ou 6 % d'incorporation  
CPLD2, CPLD4, CPLD6 : aliments avec concentré protéique de luzerne désaponisé à 2,4, ou 6% d'incorporation*

**Tableau 4.** Performances des animaux de 8 à 28 jours

	CMJ	Poids fin (g)	GMQ	Indice de consommation	nb
<b>T</b>	<b>105.1</b>	<b>1530</b>	<b>63.8</b>	<b>1.649</b>	23
<b>CPLS2</b>	<b>106.3</b>	<b>1580</b>	<b>66.1</b>	<b>1.610</b>	25
<b>CPLS4</b>	<b>106.4</b>	<b>1559</b>	<b>65.1</b>	<b>1.636</b>	25
<b>CPLS6</b>	<b>105.7</b>	<b>1544</b>	<b>64.4</b>	<b>1.646</b>	27
<b>CPLD2</b>	<b>107.9</b>	<b>1573</b>	<b>65.8</b>	<b>1.640</b>	25
<b>CPLD4</b>	<b>105.0</b>	<b>1563</b>	<b>65.3</b>	<b>1.609</b>	26
<b>CPLD6</b>	<b>104.6</b>	<b>1544</b>	<b>64.4</b>	<b>1.624</b>	27
s.e.m	1.70	22.0	1.05	0.014	
p	0.85	0.71	0.71	0.26	

*CPLS2, CPLS4, CPLS6: aliments avec concentré protéique de luzerne standard à 2, 4, ou 6 % d'incorporation  
CPLD2, CPLD4, CPLD6 : aliments avec concentré protéique de luzerne désaponisé à 2,4, ou 6% d'incorporation*

# INCIDENCE DU NIVEAU DE SAPONINES DANS LE CONCENTRE PROTÉIQUE DE LUZERNE SUR L'INGESTION ET LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE POULETS DE CHAIR

COULMIER D. (1), HUARD M. (2), FAUSSIÉ G. (3) et ROCABOY G. (2)

(1) DESIALIS, Complexe Agricole Mont Bernard, 51007 Chalons-en-Champagne

(2) CCPA, ZA du Bois Teillay, Quartier du Haut Bois, 35150 Janzé

(3) TFN, Route de Saint Etienne de Montluc, 44220 Coueron

Le concentré protéique de luzerne (CPL) est utilisé en alimentation avicole comme source de protéines et de pigments, pour autant sa teneur en saponines peut être considérée comme un frein.

La réduction du taux de saponines dans le CPL peut-elle améliorer son utilisation en nutrition avicole ?

## OBJECTIFS

Analyser les performances zootechniques obtenues chez des poulets d'élevage avec des aliments contenant deux types de CPL (avec et sans saponines).

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

189 poulets Ross PM3 séparés en 7 lots sur la base du poids vif à 8 jours puis élevés en cages individuelles entre 9 et 28 jours d'âge

7 aliments formulés selon les mêmes caractéristiques nutritionnelles dont 6 aliments auxquels sont incorporés du CPL (PX Agro®) à différents taux :

### Témoin

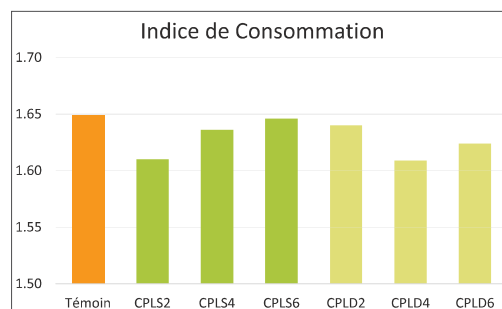
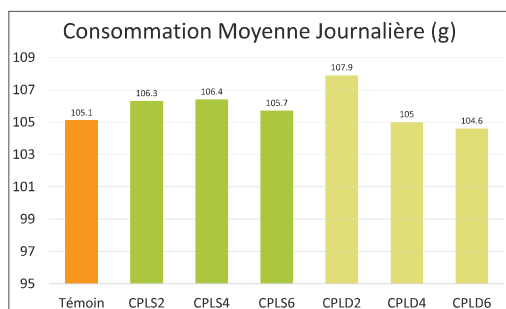
**CPL Standard** : CPL avec 0.79% de saponines à 2% (CPLS2), 4% (CPLS4) et 6% (CPLS6) d'incorporation

**CPL Désaponisé** : CPL avec 0.04% de saponines à 2% (CPLD2), 4% (CPLD4) et 6% (CPLD6) d'incorporation



Les mesures ont concerné l'ingestion et la croissance des poulets.

## RÉSULTATS



Des **performances zootechniques non différentes** entre les lots avec et sans saponines.

La désaponisation du CPL (0.79% vs. 0.04%) n'a pas eu d'impact sur la **consommation** et la **croissance** des poulets au cours de l'essai.

## CONCLUSION

Jusqu'à une dose d'incorporation de 6%, l'utilisation de CPL n'a pas posé de problème d'ingestion, ni de croissance des poulets.

Les performances de croissance sont comparables au lot témoin sans CPL quel que soit le type de CPL consommé à forte ou faible teneur en saponines.

12<sup>ème</sup> Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 05 et 06 avril 2017

## EFFICACITÉ D'UN COMPLEXE MULTIENTZYMATIQUE ENRICHÉ EN XYLANASES ET ARABINOFURANOSIDASES SUR LES PERFORMANCES, L'UTILISATION D'ÉNERGIE ET DES PROTÉINES CHEZ LA DINDE

**Montanhini Neto Roberto<sup>1</sup>, Cozannet Pierre<sup>2</sup>, Bourguéil Elisabeth<sup>1</sup>, Preynat Aurélie<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ADISSEO FRANCE SAS - 10 Place du Général De Gaulle - 92160 ANTONY,

<sup>2</sup>ADISSEO France SAS – CERN, 6 route Noire, 03600 MALICORNE

[aurelie.preynat@adisseo.com](mailto:aurelie.preynat@adisseo.com)

### RÉSUMÉ

L'efficacité d'un complexe multienzymatique enrichi en xylanases et arabinofuranosidases a été étudiée par deux essais séparés (digestibilité et croissance) sur des aliments pour dindons à base de blé, maïs et tourteau de soja. Le premier essai a mesuré la digestibilité des protéines et l'utilisation de l'énergie métabolisable apparente corrigée pour une rétention azotée nulle (EMA<sub>N</sub>) des aliments chez le dindon entre 13 et 24 jours (30 répétition x 1 dindon par cage) et le deuxième essai a suivi les performances de croissance des dindes (12 répétitions x 25 dindes par parquet) entre 0 et 84 jours. Pour les deux essais, le dispositif expérimental comprenait deux traitements: un traitement sans enzymes (contrôle) et un traitement avec le complexe multienzymatique ajouté. Les digestibilités de la matière sèche et des protéines ainsi que l'utilisation de l'énergie ont été significativement améliorées avec l'ajout des enzymes de +2,7, +3,0 et +2,6%, respectivement ( $P < 0,001$ ). Sur la période totale (0-84 jours), l'addition du complexe multi enzymatique n'a pas eu d'effet significatif sur le poids, le gain de poids ou l'ingéré des animaux. Cependant, les dindes nourries avec l'aliment supplémenté en enzymes ont présenté un meilleur indice de consommation (-2% ; (2,16 vs. 2,11 ;  $P = 0,012$ ). En conclusion, les enzymes participent à la dégradation des polysaccharides non-amylacés et libèrent des nutriments essentiels qui sont associés à ces substrats. Cette solution multi enzymatique enrichi en xylanase et arabinofuranosidases permet d'améliorer la digestibilité globale de l'aliment avec un effet positif direct sur l'efficacité alimentaire des animaux.

### ABSTRACT

#### **Efficacy of a multi-enzyme complex enriched in xylanases and arabinofuranosidases on growth performances, energy utilization and protein digestibility in turkeys**

The efficacy of multi-enzyme complex enriched in xylanases and arabinofuranosidases has been evaluated in two different trials (digestibility and growth) on wheat, corn- , and soybean meal based diets for turkeys. The first trial measured protein digestibility and nitrogen corrected apparent metabolizable energy (AME<sub>N</sub>) in male turkeys between 13 and 24 days of age (30 replicates x 1 turkey per cage). The second trial has evaluated growth performances of female turkeys (12 replicates x 25 turkeys per floor pen) from 0 to 84 days of age. For these two trials, the experimental design consisted in two treatments: a diet without enzymes (control) and a diet with the addition of the multi-enzyme complex. When enzymes were added, the digestibility of dry matter and protein as well as energy utilization have been significantly improved by +2.7, +3.0 and +2.6%, respectively ( $P < 0.001$ ). On the overall experimental period (0-84 days), no effect of the addition of the multi-enzyme complex has been observed on body weight, body weight gain, and the feed intake; however, turkeys fed diet with added enzymes improved their feed conversion ratio by 2% (2.16 vs. 2.11;  $P = 0.012$ ). In conclusion, *enzyme efficiently breaks down the non-starch polysaccharides present in feeds for turkeys and allows the release of essential nutrients associated with these substrates for the normal digestion process. So this multi-enzymes solution enriched in xylanases and arabinofuranosidases improves, the overall feed digestibility with a direct positive effect on birds' feed efficiency.*

## INTRODUCTION

Dans les matières premières végétales, les polysaccharides non-amylacés (PNA) limitent l'accessibilité (à quoi ?) des enzymes endogènes, sécrétées dans le tube digestif de l'animal, à leurs substrats ; 10 à 20% des nutriments de l'aliment restent indigestibles et sont excrétés par l'animal (Ravindran, 2013). Pour augmenter la digestibilité de cette fraction indigestible et donc optimiser la digestibilité globale de l'aliment, l'utilisation d'enzymes exogènes est courante en nutrition animale et de nombreuses études rapportent leurs effets bénéfiques sur les performances de croissance (Adeola et Cowieson, 2011). Les principaux PNA présents dans les céréales sont les arabinoxylanes (Bach Knudsen, 2014). La majorité de ces études sont réalisées avec des cocktails enzymatiques dont l'activité majoritaire était la xylanase, (Persia et al., 2002 ; Mathlouthi et al., 2003 ; Opoku et al., 2015). Il est connu que le mode d'action des endo-xylanases est amélioré en présence d'arabinofuranosidases permettant une dégradation maximale des arabinoxylanes des céréales (Lagaert et al., 2014 ; De la Mare et al., 2013).

Le but de cette étude est d'évaluer l'efficacité d'un complexe multienzymatique composé majoritairement de xylanases et d'arabinofuranosidases sur la digestibilité et les performances de dindes nourries avec un aliment à base de blé, maïs et tourteau de soja.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Le complexe enzymatique

Le complexe enzymatique de type carbohydrase (Rovabio® Advance L, Adisseo France S.A.S.) issu de la fermentation de *Talaromyces versatilis* et utilisé dans ces deux essais est incorporé à 200 mL/MT d'aliment et fournit 1 250 unités viscosité d'activité endo- $\beta$ -1,4-xylanase, 9 250 unités viscosité d'activité arabinofuranosidase et 860 unités d'activité endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase par tonne d'aliment.

### 1.2. Essai digestibilité

L'essai digestibilité s'est déroulé dans les installations expérimentales du Centre de Recherche en Nutrition (CERN Adisseo, Malicorne, France). Pour cet essai, 60 dindons de souche Hybrid Maker ont été placés dans des parquets de J0 à J12. Durant cette période, tous les dindons ont reçu le même aliment démarrage sans enzyme (Tableau 1). À J13, après une mise à jeun de 2h, les dindons ont été pesés, mis en cages individuelles appropriées aux essais de digestibilité

et réparties entre les deux traitements de chacun 30 répétitions de un dindon par cage: un traitement sans enzymes (contrôle) et un traitement avec ajout du complexe multienzymatique. La phase expérimentale se déroule de J13 à J24 avec une phase d'adaptation (J13 à J21) et une phase de collecte des excréta (J21 à J24). La composition des aliments expérimentaux est présentée dans le Tableau 1. Le bilan digestif a été réalisé par collecte totale des excréta et suivi individuel de la consommation. Les fientes congelées immédiatement après collecte journalière ont ensuite été lyophilisées et broyées pour analyse. Les mesures de la teneur des fientes et des aliments en énergie brute et en azote ont ensuite été déterminées. La différence entre l'énergie et l'azote ingéré et excrété permet de calculer les valeurs d'énergie métabolisable apparente (EMA), la digestibilité des protéines du régime avec ou sans l'addition d'enzymes, et l'EMA corrigée pour une rétention azotée nulle (EMA<sub>N</sub>).

### 1.3. Essai croissance

L'essai croissance s'est déroulé dans les installations expérimentales de l'Université de Caroline du Nord (Raleigh, USA) Six cent dindes de la souche Hybrid Converter ont été distribuées entre deux traitements expérimentaux de chacun 12 répétitions de 25 dindes par parquet : un traitement sans enzymes (contrôle) et un traitement avec addition du complexe multienzymatique. Les dindes ont reçu deux aliments démarrage de J0 à J21 et de J22 à J42, puis deux aliments croissance de J43 à J63 et de J64 à J84 (Tableau 1). L'aliment a été fourni sous la forme de granulés. Au cours de la période expérimentale, la mortalité et l'ingéré ont été enregistrés quotidiennement. Les animaux ont été pesés au début de l'essai, à chaque changement d'aliment et à la fin de l'essai (J0, J21, J42, J63 et J84). Le gain de poids et l'indice de consommation ont ensuite été calculés pour chaque période et sur la durée totale de l'essai.

### 1.4. Analyses statistiques

L'ensemble des données a été soumise à une analyse de variance à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS/STAT en considérant les traitements comme effet fixe et les blocs comme effet aléatoire.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

La présence des enzymes (xylanases et Beta-glucanase) dans les régimes supplémentés a été confirmée par l'analyse des activités enzymatiques.

Pour l'essai de digestibilité, les activités xylanase et beta-glucanase ont été retrouvées à 92 et 96% respectivement. Pour l'essai croissance, les activités enzymatiques retrouvées étaient en moyenne sur les quatre phases alimentaires de 97,5 % pour la xylanase (allant de 90 à 106%) et de 102 % pour le beta-glucanase (allant de 70 à 115%). Ces recouvrements enzymatiques dans les aliments sont à l'intérieur des limites acceptables qui prennent en compte la variabilité analytique et les erreurs inhérentes à l'incorporation des enzymes et à l'échantillonnage de l'aliment.

Durant la période expérimentale de l'essai digestibilité (J13-J24), aucun effet de l'ajout du complexe multienzymatique n'a été observé sur les performances des animaux malgré une réduction significative de l'ingéré des animaux de 5% (données non montrées). Cette absence d'effet des enzymes sur une courte période a aussi été observée dans d'autres études (Opoku et al., 2015). Les digestibilités de la matière sèche, des protéines et l'utilisation de l'énergie ont été significativement améliorées avec l'ajout des enzymes de +2,7, +3,0 et +2,6%, respectivement ( $P < 0,001$  ; Tableau 2). D'autres études sur dindons ont déjà rapporté que l'addition d'un « cocktail multienzymatique » aux aliments augmentait la valeur d'EMA<sub>N</sub> comparé à un aliment sans ajout d'enzymes (Mathlouthi et al., 2003 ; Persia et al., 2002 ; Opoku et al., 2015). Cette augmentation de l'EMA<sub>N</sub> serait attribuable à une amélioration de la digestibilité des carbohydrates, mais aussi des matières grasses et des protéines (Opoku et al. 2015 et Ritz et al. 1995). L'effet d'une mise à disposition de nutriments supplémentaires a pu être corroboré avec les performances des animaux au cours du second essai. Malgré l'absence d'effet significatif sur le poids, le gain de poids ou l'ingéré des animaux, les dindes nourries avec l'aliment ajouté en enzymes ont significativement amélioré leur indice de consommation de 2% (2,16 vs. 2,11 ;  $P = 0,012$ ). Ces résultats sont en accord avec de précédents travaux qui ont montré une amélioration

de 2,6% de l'indice de consommation de dindons nourris avec un régime à base de blé avec xylanase et  $\beta$ -glucanase ajouté entre J0 et J42 (Mathlouthi et al., 2003). Persia et al. (2002) rapportent une amélioration de ce même paramètre chez des dindes nourries avec un régime blé supplémenté avec un mélange de xylanase, protéase et amylase entre 3 et 9 semaines d'âge.

Les résultats de ces deux études suggèrent donc que Rovabio Advance L faciliterait l'accès des enzymes endogènes de l'animal à l'ensemble des nutriments de la ration en dégradant les arabinoxylanes ce qui améliorerait, par conséquent l'efficacité alimentaire des animaux. L'amélioration globale de la digestibilité de l'aliment est à mettre en relation avec la richesse en activités xylanases et arabinofuranosidases du produit. Les activités arabinofuranosidases permettent le débranchement des arabinoses connectés sur le squelette xylose libérant de l'espace pour l'action de la xylanase (De la Mare et al., 2013). Ces activités permettraient donc une dégradation efficace du maillage en arabinoxyle. Même si l'énergie résultant de la dégradation des fibres semble marginale, c'est l'amélioration de l'accessibilité des enzymes endogènes de l'animal aux nutriments du régime qui permet une amélioration globale de la digestibilité de l'aliment.

## CONCLUSION

L'addition du complexe multienzymatique enrichi en xylanases et arabinofuranosidases Rovabio Advance L, par son action sur les polysaccharides non-amylacés présents dans les matières premières d'origine végétale, augmenterait la digestibilité globale de l'aliment avec effet positif direct sur l'efficacité alimentaire des dindons et dindes.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adeola O. et Cowieson A.J., 2011, J. Anim. Sci., (89), 3189-3218  
 Bach Knudsen E., 2014. Poult. Sci., (93), 2380-2393  
 De la Mare M., Guais O., Bonnin E., Weber J. et Francois J.M., 2013. Enzyme and Microbial Technology, (53), 351-358  
 Lagaert S., Pollet A., Courtin C.M. et Volckaert G., 2014. Biotechnology Advances, (32), 316-332  
 Mathlouthi N., Juin H. et Larbier M., 2003. Br. Poult. Sci., (44-2), 291-298  
 Opoku E.Y., Classen H.L. et Scott T.A., 2015, Poult. Sci., (94), 185-194  
 Persia M.E., Dehority B.A. et Lilburn M.S., 2002. J. Appl. Poult. Res., (11), 134-145  
 Ravindran V., 2013, J. Appl. Poult. Res., (22), 628-636  
 Ritz C.W., Hulet R.M., Self B.B et Denbow D.M, 1995, Poult. Sci., (74), 1323-1328



**Tableau 1.** Composition et spécifications nutritionnelles des régimes des essais digestibilité et croissance.

Phases	Essai Digestibilité		Essai Croissance			
	Démarrage	Phase expérimentale	Démarrage 1	Démarrage 2	Croissance 1	Croissance 2
Jours	0-12	13-24	0-21	22-42	43-63	64-84
Composition, %						
Maïs	19,10	22,30	13,10	12,00	15,00	15,00
Blé	38,00	44,40	33,50	40,10	41,60	51,40
Drèche de maïs	-	-	1,40	4,00	4,00	-
Tourteau de soja	35,60	26,90	42,70	37,20	32,50	25,80
Huile de soja	1,40	1,20	3,50	1,50	2,00	3,60
Carbonate de calcium	2,40	1,60	0,94	1,00	1,00	1,04
Phosphate bicalcique	1,60	1,50	3,50	2,90	2,50	1,90
Sel	0,22	0,20	0,31	0,31	0,32	0,35
Sodium sulfate	0,25	0,24	-	-	-	-
Sel calcique de methionine analogue	0,41	0,34	-	-	-	-
DL-Methionine	-	-	0,29	0,27	0,25	0,23
L-Lysine HCl	0,55	0,52	0,26	0,29	0,28	0,23
L-Threonine	0,11	0,10	-	-	-	-
L-Valine	0,06	0,04	-	-	-	-
Premix <sup>1,2</sup>	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50
Spécifications nutritionnelles, %						
Energie métabolisable apparente (kcal/kg)	2 775	2 850	2 700	2 800	2 880	3 049
Protéine brute	23,00	19,90	26,50	25,10	23,30	20,10
Matière grasse	3,30	3,20	2,00	3,30	3,90	5,00
Fibre brute	2,90	2,80	2,90	2,90	2,80	2,50
Lys dig	1,50	1,28	1,46	1,36	1,24	1,04
Met+Cys dig	0,97	0,85	0,98	0,93	0,87	0,78
Thr dig	0,81	0,70	0,85	0,79	0,73	0,61
Calcium total	1,37	1,14	1,44	1,31	1,20	1,06
Phosphore total	0,83	0,71	-	-	-	-
Phosphore disponible	0,55	0,45	0,76	0,66	0,58	0,48
Sodium	0,21	0,19	0,15	0,15	0,15	0,15
Chlore	0,29	0,27	0,32	0,32	0,32	0,32

<sup>1</sup> Le premix de l'essai digestibilité apportait par kg d'aliment : vitamine A, 12,000 IU ; vitamine D3, 3,000 IU ; vitamine E, 100 IU ; vitamine K3, 3 mg ; vitamine B1, 2 mg ; vitamine B2, 8 mg ; vitamine B3, 40 mg ; vitamine B5, 15 mg ; vitamine B6, 3 mg ; vitamine B9, 1 mg ; vitamine B12, 0,02 mg ; biotine, 0,2 mg ; Mn, 80 mg ; Zn, 60 mg ; I, 1 mg ; Fe, 80 mg ; Cu, 15 mg ; Co, 0,4 mg ; Se, 0,2 mg ; ethoxyquine, 0,5 mg ; BHA, 0,5 mg ; narasine+nicarbazine, 80 mg.

<sup>2</sup> Le premix de l'essai croissance apportait par kg d'aliment : vitamine A, 13,200 IU ; vitamine D3, 3,960 IU ; vitamine E, 66 IU ; vitamine B1, 4 mg ; vitamine B2, 13 mg ; vitamine B6, 8 mg ; vitamine B12, 40 µg ; vitamine K3, 4 mg ; acide nicotinique, 110 mg ; acide panthoténique, 22 mg ; vitamine B9, 2,2 mg ; biotine, 254 µg ; Fe, 20 mg ; Cu, 2,5 mg ; Mn, 30 mg ; Zn, 30 mg ; I, 1,2 mg ; Se, 0,3 mg.

**Tableau 2.** Effet de l'addition du complexe multienzymatique sur les digestibilités de la matière sèche (MS), de la rétention apparente de l'azote (N) et sur l'utilisation de l'énergie chez le dindon entre 13 et 24 jours.

Traitements	Contrôle	Contrôle + enzyme <sup>1</sup>	Probabilité <sup>2</sup>
Dig MS (%)	71,6	73,5	<0,001
Rétention N (%)	67,5	69,5	0,006
EMA (kcal/kg)	2988	3066	<0,001
EMA <sub>N</sub> (kcal/kg)	2819	2892	<0,001

Chaque valeur représente la moyenne de 30 répétitions de 1 dindon.

<sup>1</sup> Complexe multienzymatique : Rovabio® Advance L, 200 mL/MT, Adisseo France S.A.S. )

<sup>2</sup> Probabilité obtenue par analyse de variance.

**Tableau 3.** Effet de l'addition du complexe multienzymatique sur les performances de croissance de dinde sur la période 0 et 84 jours.

Traitements	Contrôle	Contrôle + enzyme <sup>1</sup>	SEM	Probabilité <sup>2</sup>
Poids à 84 jours (kg/animal)	7,18	7,19	0,823	0,078
Gain de poids (kg/animal)	7,12	7,14	0,079	0,834
Ingéré (kg/animal)	16,0	15,7	0,057	0,181
Indice de consommation	2,16	2,11	0,001	0,012
Mortalité (%)	0,67	0,33	0,386	0,283

Ces valeurs sont des moyennes de 12 répétitions de 25 dindes par parquet.

<sup>1</sup> Complexe multienzymatique (Rovabio® Advance L, 200 mL/MT, Adisseo France S.A.S.)

<sup>2</sup> Probabilité obtenue par analyse de variance.

# EFFICACITÉ D'UN COMPLEXE MULTIENTZYMATIQUE ENRICHI EN XYLANASES ET EN ARABINOFURANOSIDASES SUR LES PERFORMANCES, L'UTILISATION D'ÉNERGIE ET DES PROTÉINES CHEZ LA DINDE

Journée de  
la Recherche Avicole  
Tours, 5-6 Avril 2017

MONTANHINI NETO R.<sup>1</sup>, COZANNET P.<sup>1</sup>, BOURGUEIL E.<sup>1</sup> ET PREYNAT A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ADISSEO FRANCE S.A.S.

AURELIE.PREYNAT@ADISSEO.COM

**Introduction :** Les polysaccharides non amylacés (PNA), majoritairement représentés par les arabinoxylanes dans les céréales limitent l'accessibilité des nutriments aux enzymes endogènes rendant indigestible 10 à 20% de la matière sèche. Rovabio® Advance dégrade efficacement les PNA grâce aux activités xylanases et arabinofuranosidases qu'elle contient. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de Rovabio® Advance P sur la digestibilité globale de l'aliment et sur les performances de croissance de dindes.

## Matériels & Méthodes :

**Deux traitements :** Contrôle supplémenté ou non avec du Rovabio® Advance L (200mL/t).

**Essai digestibilité :** 60 dindons Hybrid Maker sont placés en cages individuelles de J13 à J21 pour une période d'adaptation et de J21 à J24 pour la phase de collecte des excréta.

**Essai performance :** 600 dindes Hybrid Converter sont élevées en parquets (12 répétitions de 25 dindes) entre J0 et J84.

Essais	Digestibilité			Croissance		
	0-12 J	13-24 J	0-21 J	22-42 J	43-63 J	64-84 J
Maïs	19,10	22,30	13,10	12,00	15,00	15,00
Blé	38,00	44,40	33,50	40,10	41,60	51,40
Drêche de maïs	-	-	1,40	4,00	4,00	-
Tourteau de soja	35,60	26,90	42,70	37,20	32,50	25,80
Huile de soja	1,40	1,20	3,50	1,50	2,00	3,60
Carbonate de calcium	2,40	1,60	0,94	1,00	1,00	1,04
Phosphate bicalcique	1,60	1,50	3,50	2,90	2,50	1,90
Sel	0,22	0,20	0,31	0,31	0,32	0,35
Sodium sulfate	0,25	0,24	-	-	-	-
À Méthionine A-dry	0,41	0,34	-	-	-	-
DL-Méthionine	-	-	0,29	0,27	0,25	0,23
L-Lysine HCl	0,55	0,52	0,26	0,29	0,28	0,23
L-Threonine	0,11	0,10	-	-	-	-
L-Valine	0,06	0,04	-	-	-	-
Premix1,2	0,60	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50
EMA (kcal/kg)	2 775	2 850	2 700	2 800	2 880	3 049
Protéine brute	23,00	19,90	26,50	25,10	23,30	20,10
Lys dig	1,50	1,28	1,46	1,36	1,24	1,04
Met+Cys dig	0,97	0,85	0,98	0,93	0,87	0,78
Thr dig	0,81	0,70	0,85	0,79	0,73	0,61
Calcium total	1,37	1,14	1,44	1,31	1,20	1,06
Phosphore total	0,83	0,71	-	-	-	-
Phosphore disponible	0,55	0,45	0,76	0,66	0,58	0,48

## Résultats & discussion :

TABLEAU 1

Effet de l'addition d'enzymes sur la digestibilité MS, N et EMA chez le dindon entre 13 et 24 jours

Traitements	Contrôle	Contrôle + enzyme <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>
Dig MS (%)	71,6	73,5	< 0,001
Rétention N (%)	67,5	69,5	0,006
EMA (kcal/kg)	2 988	3 066	< 0,001
EMAn (kcal/kg)	2 819	2 892	< 0,001

TABLEAU 2

Effet de l'addition d'enzymes sur la croissance de dindes entre 0 et 84 jours

Traitements	Contrôle	Contrôle + enzyme <sup>1</sup>	SEM	P <sup>2</sup>
Poids à 84 jours (kg/animal)	7,18	7,19	0,823	0,078
Gain de poids (kg/animal)	7,12	7,14	0,079	0,834
Ingéré (kg/animal)	16,02	15,71	0,057	0,181
Indice de consommation	2,16	2,11	0,001	0,012
Mortalité (%)	0,67	0,33	0,386	0,283

Les digestibilités de la MS, des protéines et de l'énergie ont été améliorées avec l'ajout des enzymes de +2,7, +3,0 et +2,6%, respectivement. Cette augmentation de l'EMAn serait attribuable à une amélioration de la digestibilité des carbohydrates, mais aussi des matières grasses et des protéines.

L'effet d'une mise à disposition de nutriments supplémentaires a pu être corroboré avec les performances des animaux. Malgré l'absence d'effet significatif sur le poids, le gain de poids ou l'ingéré des animaux, les dindes nourries avec l'aliment ajouté en enzymes ont amélioré leur indice de consommation de 2%.

**L'ADDITION D'UN COMPLEXE MULTIENTZYMATIQUE ENRICHI EN XYLANASES ET ARABINOFURANOSIDASES, PAR SON ACTION SUR LES PNA PRÉSENTS DANS LES MATIÈRES PREMIÈRES D'ORIGINE VÉGÉTALE, AUGMENTE LA DIGESTIBILITÉ GLOBALE DE L'ALIMENT AVEC UN EFFET POSITIF DIRECT SUR L'EFFICACITÉ ALIMENTAIRE DES DINDONS ET DINDES.**



## CONCENTRATION EN PHYTATE DES ALIMENTS POULETS DE CHAIR EUROPEENS COMPARÉE AU RESTE DU MONDE : OPPORTUNITÉ POUR OPTIMISER UNE STRATÉGIE NUTRITIONNELLE

**Parker-Norman Sophie<sup>1</sup>, Rousseau Xavière<sup>1</sup>, et ten Doeschate, Robert A. H. M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *AB VISTA, 3 Woodstock Court, Blenheim Road, Marlborough Business Park, SN8 4AN  
MARLBOROUGH, Angleterre,  
[xaviere.rousseau@abvista.com](mailto:xaviere.rousseau@abvista.com)*

### RÉSUMÉ

L'utilisation de la spectrométrie en proche infra-rouge (SPIR) pour mesurer et suivre la qualité des matières premières est déjà largement utilisée en alimentation animale. Généralement, les nutritionnistes utilisent les analyses via la SPIR pour ajuster les valeurs basiques des ingrédients pour la formulation de l'aliment et pour vérifier le niveau des nutriments obtenu dans l'aliment final. Le phytate est un des composants nutritionnels les moins communs pouvant être prédit par la SPIR dans les matières premières et les aliments finaux. Connaître les niveaux de phosphore phytique dans les aliments permet aux nutritionnistes de vérifier si le niveau attendu de phosphore libéré par une phytase est réaliste notamment dans le cas d'utilisation de dose plus élevée avec les phytases de nouvelle génération. Dans cette étude, la concentration en phytate d'aliments complets pour poulets de chair provenant d'Europe et du reste du monde a été comparée sur un total de plus de 10000 échantillons collectés entre 2010 et 2016, en utilisant une calibration SPIR applicable pour tous les échantillons. La teneur en phytate pour les échantillons provenant d'Europe est plus importante que celles récoltées dans le reste du monde ( $p < 0.001$ ). Ceci pourrait être expliqué par une utilisation plus importante de protéines d'origine végétale au lieu de protéines animales et par le choix de l'utilisation des céréales comme source majeure de protéine. Par exemple, le blé contient plus de phytate que le maïs (0,23% vs 0,19%) et le tourteau de colza plus que le tourteau de soja (0,69% vs 0,39%). La présence de hauts niveaux de phytate dans les aliments européens signifie aussi plus d'opportunité pour rendre le phosphate des phytates disponible par l'utilisation de doses plus élevées de phytases efficaces. La compréhension de la variabilité du niveau de phytate à la fois dans les matières premières et les aliments finaux permettra aux nutritionnistes d'en tirer profit sans prendre de risque en termes de performances de croissance, bien-être et autres problèmes liés à une déficience en P.

### ABSTRACT

#### **Phytate content of European broiler feeds compared to the rest of the world: Opportunity to optimise the nutritional strategy**

The use of near infra-red spectroscopy (NIR) for measuring and monitoring raw material quality is already widely used in the animal feed industry. Typically nutritionists use NIR analysis to adjust proximate values for feed ingredients added in diet formulation and to check nutrient levels achieved in finished feeds. Phytate is one of the less common nutrients that can be predicted by NIR in both raw materials and finished feeds. Although, understanding phytate-P levels in feeds enables the nutritionist to check whether assumed P-release value for phytase are realistic, which is important with the use of higher doses of more efficient phytases. In this study, phytate content of broiler feeds from Europe and the rest of the world were compared using a globally applicable NIR calibration, using a total of over 10000 samples collected between 2010 and 2016. The phytate level in European samples was higher than in the rest of the world set. This could be explained for instance by a higher use of vegetable protein materials instead of animal proteins, and also the choice of cereals and vegetable protein sources. Wheat for instance has more phytate than maize (0.23% vs 0.19%) and rapeseed meal is much higher than soybean meal (0.69% vs 0.39%). The presence of higher levels of phytate in European broiler feeds means there is more opportunity to make the organic P available by use of higher doses of efficient phytases. Understanding the variability of phytate levels both in raw materials and finished feeds will allow the nutritionist to take advantage of this without risking performance losses or welfare problems due to P-deficiency.

## INTRODUCTION

L'utilisation de la spectrophotométrie en proche infrarouge (SPIR) dans l'industrie de l'alimentation animale a débuté avec le développement de calibrations pour les analyses élémentaires. Les nutritionnistes utilisent classiquement les analyses SPIR pour ajuster les valeurs des ingrédients de l'aliment incorporés dans la formule. La SPIR peut être utilisée pour prédire les composants organiques présents en quantité raisonnable et il est donc possible de construire des calibrations pour des critères autres que des analyses élémentaires.

Les phytates peuvent être prédits par la SPIR à la fois dans les matières premières mais aussi dans les aliments complets. Cependant, c'est une des calibrations les moins courantes disponibles *via* la SPIR. La molécule de phytate (6-myo-inositol phosphate) est la source principale de phosphore (P) contenue dans les matières premières d'origine végétale (Sauveur, 1984). Cette forme de P est quasi indisponible en tant que telle pour les monogastriques qui ne possèdent pas l'équipement enzymatique adéquat à la dégradation des phytates. A cause de la capacité des phytates à interagir avec d'autres nutriments, diminuant ainsi leur solubilité et donc leur absorption intestinale (minéraux, protéines, acides aminés...), il est considéré à la fois comme une source potentielle de P mais aussi comme facteur anti-nutritionnel. Le pouvoir de liaison des phytates aux nutriments essentiels diminue l'action des enzymes endogènes digestives (Liu et al., 2008) et augmente la production de pepsine (Yu et al., 2012) et acide chlorhydrique afin d'aider à la digestion. Associées à cette acidification du milieu gastrique, les sécrétions de mucine (Cowieson et al., 2004) et de bicarbonate vont être augmentées afin de tamponner le milieu pour protéger les cellules épithéliales de la partie proximale de l'intestin. Tout ce cycle représente des pertes endogènes pour l'animal. Un aliment à haute concentration en phytate, avec un niveau bas de P disponible entraîne, chez le poulet de chair, des réductions significatives de l'ingéré, du poids, une dégradation de l'indice de consommation et une augmentation de la mortalité (Santos et al., 2014). La connaissance des niveaux de P phytique dans les aliments permet aux nutritionnistes de vérifier si le niveau attendu de libération de P est réaliste, ce qui est d'autant plus important quand on fait le choix stratégique, avec une phytase de nouvelle génération, d'utiliser des doses plus élevées. L'objectif était donc d'étudier mondialement les résultats d'analyse des niveaux de phytates obtenus *via* la SPIR dans les aliments et matières premières pour permettre une utilisation optimale de la phytase et discuter autour de cet outils qui pourrait être utilisé et implémenté pour optimiser une stratégie nutritionnelle.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Le développement et la validation de la calibration SPIR pour l'analyse des phytates a consisté à analyser chimiquement la concentration de phytates de 667 échantillons d'aliment complet *via* la méthode du kit Mégazyme. Ces mêmes échantillons broyés, ont été analysés parallèlement par un spectrophotomètre. Les données chimiques et les données spectrales correspondantes ont été utilisées pour créer une équation linéaire capable de prédire précisément le niveau de phytate dans des aliments complets d'échantillons inconnus. L'équation a été déterminée à partir de 667 échantillons avec un  $R^2=0,78$ .

Dans cette étude, à partir de cette calibration, le P phytique des aliments poulets de chair d'Europe et du reste du monde (RoW) ont été comparés, par phase de croissance, grâce à un total de 10000 échantillons collectés entre 2010 et 2016. Les résultats obtenus pour chaque phase ont été comparés *via* un test de Student (Tableau 1).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats descriptifs des médianes (Figure 1) et statistiques (Tableau 1) montrent que globalement les niveaux de P phytique contenus dans les aliments poulets de chair, quelle que soit la phase de croissance concernée, sont plus élevés en Europe comparée aux résultats des aliments provenant du reste du monde (RoW).

**Tableau 1.** Phosphore phytique dans les aliments poulets de chair en phase de démarrage, croissance et finition en Europe et RoW.

	Aliment complet poulet de chair					
	Démarrage		Croissance		Finition	
	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type	moyenne	écart-type
Euro pe	0,28%	0,002	0,27%	0,002	0,27%	0,002
RoW	0,26%	0,001	0,25%	0,001	0,25%	0,001
<i>p-value</i> *	<0,001		<0,001		<0,001	

\*test de Student, n=10 000

Pour les phases de démarrage, croissance et finition le niveau de P phytique est respectivement plus élevé de 7%, 6% et 4% pour les échantillons provenant d'Europe. Ces résultats peuvent, en partie, être expliqués par l'utilisation plus importante de protéines de source végétale plutôt que de protéines d'origine animale, mais aussi par des choix différents d'incorporation de céréales et végétaux. Le blé, par exemple, contient plus de phytate que le maïs (0,23% vs 0,19% ; Tableau 2) et le tourteau de colza est bien plus riche en phytates que le tourteau de soja (0,69% vs 0,39%). La variabilité intra mais aussi inter matières premières en termes de concentration en phytate est très importante (Tableau 2, *données internes*). En effet, le P phytique constitue en général

50 à 80% du phosphore total des matières premières végétales, avec une grande variabilité intra-espèce (30 à 90% pour le blé ;Tran et Skiba, 2005). Différentes études montrent que le principal facteur de variation de la teneur en P phytique des céréales est le lieu de culture, à travers la fertilisation phosphatée et azotée ou le climat (Tran et Skiba, 2005).

**Tableau 2.** Teneur en phytate de différentes matières premières analysées par la SPIR\* entre 2015 et 2016 (données internes).

	<i>n</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>
Orge	430	0,20	0,02
Tourteau de colza	668	0,73	0,05
Maïs	88309	0,19	0,05
DDGS <sup>1</sup> Maïs	936	0,24	0,04
DDGS <sup>1</sup> Blé	107	0,24	0,04
Millet	95	0,24	0,05
Riz	34	0,37	0,07
Son de riz gras	77	1,54	0,14
Sorgho	9267	0,18	0,04
Graines de soja - Expeller	1359	0,40	0,03
Tourteau de soja	8439	0,42	0,05
Blé	3101	0,21	0,03
Son de blé	725	0,84	0,06

\*SPIR = Spectrométrie en Proche Infra-Rouge

<sup>1</sup>DDGS = Dried Distillers Grains Soluble

En effet, le choix des ingrédients mais aussi la variabilité intra-ingrédients (Figure 2) va conditionner le niveau final dans l'aliment complet. Si on considère par exemple deux formulations, une première typiquement européenne et une seconde typiquement américaine, on comprend que du aux différentes matières premières disponibles et /ou autorisées le profil en phytate va différer (Tableau 3). Dans l'exemple suivant une différence de 12% (0,279% vs 0,246%) de la teneur en phytate a été notée.

En utilisant la SPIR pour analyser le niveau de phytate dans les aliments, la décision du dosage de la phytase peut donc être ajusté. La présence de niveaux plus importants de phytate dans les aliments pour les poulets de chair européens signifie qu'il existe des opportunités pour rendre le P provenant des phytates plus disponible en utilisant des doses plus élevées de phytase. L'utilisation d'une dose standard (500 FTU/kg) de phytase de nouvelle génération libère 0,15% de P disponible (Quantum® Blue, AB Vista) représentant donc une hydrolyse des phytates de 53,2%, 57,3% et 57,3% respectivement pour les phases de démarrage, croissance et finition. Dans ce type d'aliment, il est tout à fait envisageable et ce de façon sécurisée d'utiliser de plus hautes doses de phytase afin de potentialiser le P et les autres nutriments liés au P phytique.

**Tableau 3.** Principaux ingrédients incorporés dans les formulations européennes vs États-Unis et nutriments associés

<i>Ingrédients, %</i>	<i>Europe</i>	<i>US</i>	
Maïs		<b>64,071</b>	
Blé	<b>57,496</b>		
Tourteau de soja extrudé, 47%, US	24,797	26,8	
Farine de viande/os		<b>2,744</b>	
DDGS <sup>1</sup> maïs, bioéthanol		<b>2,5</b>	
Farine abats de volaille		<b>2,109</b>	
Calcaire	1,094	0,612	
Premix vitamines	0,4	0,4	
DL Méthionine	0,237	0,243	
Lysine HCl	0,228	0,223	
Sel	0,164	0,152	
Bicarbonate de sodium	0,184	0,078	
Threonine L	0,074	0,048	
MCP; HCl	0,758		
<b>Nutriments</b>			<b>différence,%</b>
Matière sèche	88,48	87,94	-0,6
Protéine brute	21,49	21,71	1,0
huile	5,932	3,734	<b>-37,1</b>
Fibres brutes	3,201	2,476	<b>-22,7</b>
Cendres	5,134	4,375	<b>-14,8</b>
Ca (formulé)	0,87	0,87	0
P Phytique	0,279	0,246	<b>-12,0</b>

<sup>1</sup>DDGS = Dried Distillers Grains Soluble

La prédiction du niveau de phytate permet alors de définir la stratégie la plus adaptée concernant l'utilisation de la phytase : réduire le coût de formule en utilisant une dose plus élevée de phytase pour épargner l'incorporation de phosphate inorganique ou permettre l'usage de matières premières alternatives et plus riches en phytate comme des co-produits de céréales tout en contrecarrant l'effet négatif des phytates sur les performances des animaux.

Cependant, augmenter la dose de phytase dans le but d'atteindre une dégradation la plus complète possible des phytates demande une attention toute particulière concernant le choix de la phytase. En effet, ceci est beaucoup plus difficile que la destruction partielle nécessaire pour libérer 0,15% de P disponible et requiert donc une enzyme avec des propriétés spécifiques.

## CONCLUSION

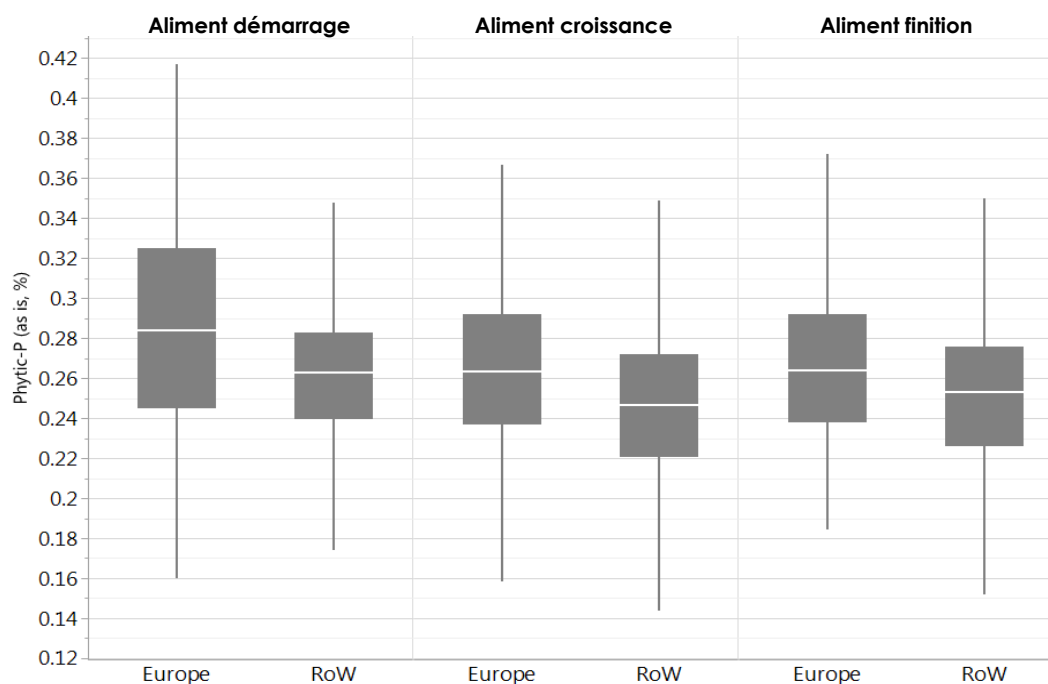
La prise de décision concernant l'utilisation de doses plus élevées de phytase doit s'accompagner d'une analyse du niveau de phytate des matières premières et aliments complets. De plus, une attention toute particulière doit être portée à l'efficacité de la phytase comme sa stabilité au niveau gastrique, à sa rapidité d'action et à son affinité pour le substrat. Néanmoins, la SPIR représente un outil non négligeable pour moduler la stratégie nutritionnelle optimale concernant la phytase représentant des bénéfices économique non négligeables.

La SPIR offre de nombreuses autres possibilités quant à l'analyse des matières premières de façon précise et rapide permettant d'approfondir notre connaissance de l'aliment et ainsi d'optimiser ce dernier aux besoins des animaux.

**REFERENCES**

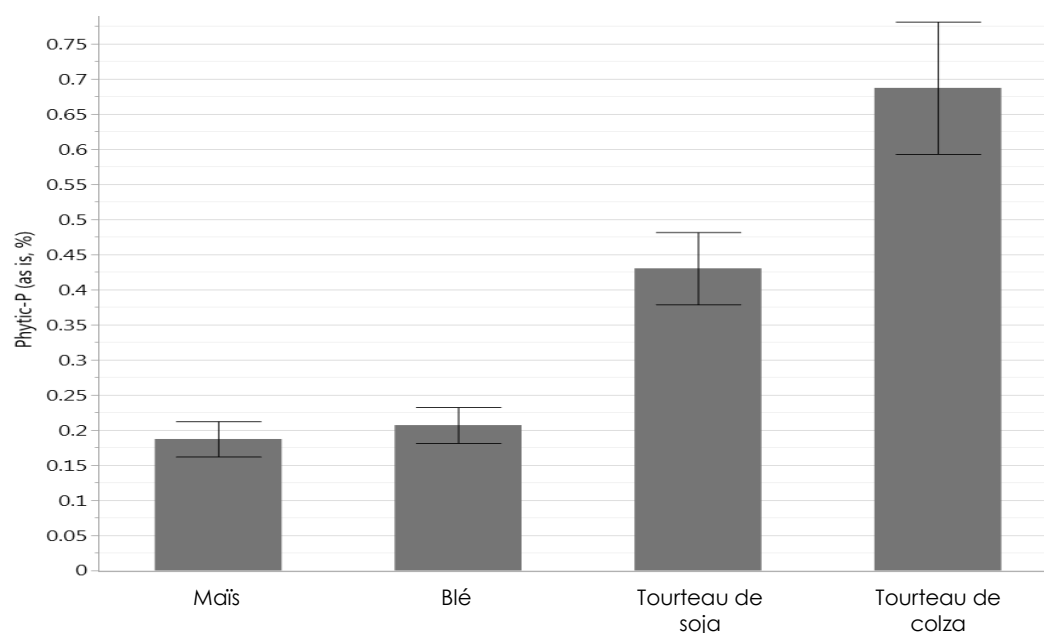
- 1- Cowieson A.J., Acamovic T., Bedford M.R., 2004. The effect of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. *British Poultry Science*, Volume 45: 101-108.
- 2- Liu N., Ru Y.J., Li F.F. and Cowieson A.J., 2008. Effect of diet containing phytate and phytase on the activity and messenger ribonucleic acid expression of carbohydrase and transporter in chickens. *J. Anim. Sci.* 86:3432-3439
- 3- Santos, T. T., Walk. C. L., and Srinongkote, S. (2014). 'Influence of phytate level on broiler performance and the efficacy of 2 microbial phytases from 0 to 21 days of age'. *Journal of Applied Poultry Research*. 23:1-7
- 4- Sauveur B., 1984. Availability of phosphorus in feedstuffs. *Proceeding of the 4th Symposium of Poultry nutrition*, 103-113. Tours, France.
- 5- Tran G., Skiba F., 2005. Variabilité inter et intra matière première de la teneur en phosphore total et phytique et de l'activité phytasique. *INRA Prod Anim.*, 2005,18 (3), 159-168
- 6- Yu, Shi; Cowieson, A.; Gilbert, C.; Plumstead, P. and Dalsgaard, S. , 2012. Interactions of phytate and myo-inositol phosphate esters (IP1-5) including IP5 isomers with dietary protein and iron and inhibition of pepsin. *Journal of Animal Science* 90(6). p.1824-1832

**Figure 1.** Distribution du niveau de P phytique dans les aliments poulets de chair en phase de démarrage, croissance et finition\* en Europe vs RoW (reste du monde).



\*Données collectées entre 2010 et 2016 ; RoW = reste du monde

**Figure 2.** Analyses\* du P phytique via la SPIR<sup>1</sup> d'échantillons de maïs, blé, tourteau de soja et tourteau de colza provenant du monde entier collectés entre 2010 et 2016



\* Chaque histogramme représente des valeurs moyennes et les barres d'erreur l'écart type.

<sup>1</sup> Résultats prédits à partir de 30 000 échantillons



## EFFICACITE D'UNE PHYTASE ISSUE DE BUTTIAUXELLA SP. SUR LES PERFORMANCES DE PONDEUSES DE 21 A 57 SEMAINES D'AGE

Millán Calleja Carlos<sup>1</sup>, Gracia Marta I.<sup>1</sup>, Dersjant-Li Yueming<sup>2</sup>, Debicki-Garnier Anne-Marie<sup>3</sup>, Messenger Bertrand<sup>4</sup>

<sup>1</sup>IMASDE AGROALIMENTARIAS - S.L., C/Nápoles 3, Pozuelo de Alarcón – 28071 MADRID,

<sup>2</sup>DANISCO ANIMAL NUTRITION - PO Box 777 – SN8 IXN MARLBOROUGH

<sup>3</sup>DANISCO FRANCE SAS – 22 rue Brunel – 75017 PARIS

<sup>4</sup>ALILIS NUTRITION ANIMALE – 23 avenue Henri Brulle – 33500 LIBOURNE  
[anne-marie.debicki-garnier@dupont.com](mailto:anne-marie.debicki-garnier@dupont.com)

### RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude était de valider les valeurs matricielles d'une phytase issue de *Buttiauxella* sp. à deux doses, 300 et 600 FTU/kg d'aliment, chez des pondeuses nourries avec des aliments à base de maïs, blé, tourteaux de soja et colza, sur une période de ponte allant de 21 à 57 semaines d'âge. Aucune différence significative n'a été observée entre le témoin positif et les traitements contenant la phytase issue de *Buttiauxella*, valorisée en phosphore (P) à 0.15 et 0.18%, calcium (Ca) à 0.13 et 0.16%, énergie à 55 et 60 kcal d'énergie métabolisable apparente, protéine brute à 0.33 et 0.61% et acides aminés : lysine, méthionine, méthionine + cystine, thréonine et tryptophane entre 1.1 et 3.3% et entre 2.2 et 5.4% par rapport au témoin (détails dans le tableau 1) à 300 et 600 FTU/kg d'aliment, respectivement, ni sur les critères de performance – % d'œufs produits, poids d'œuf, masse d'œuf, indice de consommation (IC), poids du jaune d'œuf, poids de la coquille et poids d'albumen – ni sur les paramètres de qualité. L'addition de phytase issue de *Buttiauxella* sp. a significativement amélioré la couleur du jaune d'œuf. L'addition de phytase a permis de diminuer le coût alimentaire par kg d'œufs ou par douzaine d'œufs, particulièrement à 600 FTU/kg d'aliment. La phytase issue de *Buttiauxella* peut être utilisée en pondeuses durant la période de production avec une valorisation des nutriments permettant des résultats équivalents à un aliment sans phytase, mais avec une diminution du coût alimentaire pouvant aller jusqu'à plus de 7%.

### ABSTRACT

#### **Efficacy of a phytase issued from *Buttiauxella* sp. on performance of laying hens from 21 to 57 weeks of age**

This trial aimed to validate the matrix values adjusted for a phytase issued from *Buttiauxella* sp. at two doses, 300 and 600 FTU/kg feed, in laying hens fed with corn, wheat, soya meal and rapeseed meal-based diets, from 21 to 57 weeks of age. No significant differences were observed between the positive control and the treatments containing the *Buttiauxella* phytase, when applying contribution for phosphorus of 0.15 and 0.18%, calcium of 0.13 % and 0.16%, metabolizable energy of 55 and 60 kcal, protein of 0.33 and 0.61% and amino acids between 1.1 and 3.3% or 2.2 and 5.4% versus the control (see table 1 for details) at 300 and 600 FTU/kg feed respectively, neither on performance parameters – laying index %, egg weight, egg mass, FCR, yolk weight, shell weight and albumen weight, nor on egg characteristics. The addition of *Buttiauxella* phytase significantly increased yolk color and the net feed cost, per kg eggs and dozen eggs, was reduced especially at 600 FTU/kg feed. From this trial, we concluded that the *Buttiauxella* phytase may be used in laying hens taking account of the contribution in nutrients described above, with equivalent results to diets without phytase, whilst allowing a feed cost saving of more than 7%.

## INTRODUCTION

Le phytate est une forme de stockage du phosphore (P) dans les matières premières végétales utilisées en alimentation animale. C'est aussi un facteur antinutritionnel qui est capable de se lier aux minéraux et aux oligo-éléments ainsi qu'aux protéines, matières grasses et vitamines (Selle et Ravindran, 2008), réduisant ainsi la biodisponibilité de ces nutriments. En dégradant le phytate, la supplémentation en phytase exogène, couramment pratiquée dans l'alimentation des volailles, peut améliorer la digestibilité de ces nutriments. Une synthèse récente a étudié les effets d'une supplémentation en phytase exogène au-delà de la seule libération de P chez les monogastriques (Dersjant-Li *et al.*, 2015). La plupart des essais chez les volailles ont été réalisés chez le poulet de chair, mais une revue réalisée sur l'inclusion de phytase chez les autres espèces aviaires a été publiée (Selle et Ravindran, 2007). Il a été conclu que la phytase permet de réduire l'apport de P minéral et l'excrétion du P, de façon similaire à ce qui est observé en poulet de chair. Par ailleurs, une amélioration des performances des pondeuses et de la qualité des œufs a été mise en évidence (Lim *et al.*, 2003). Cet essai a pour objectif de valider la contribution d'une phytase issue de *Buttiauxella* – phytase B - à deux niveaux de concentration (300 et 600 FTU/kg d'aliment) sur la disponibilité de plusieurs nutriments au travers des performances des poules pondeuses et de la qualité de l'œuf de 21 à 57 semaines d'âge.

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Protocole expérimental

360 poules pondeuses ISA Brown âgées de 21 semaines ont été réparties en trois traitements alimentaires avec 12 cages de 10 poules par traitement. Le traitement 1 (T1) correspondait au témoin positif, équilibré d'un point de vue nutritionnel selon ISA Nutrition Management Guide 2009, les deux autres traitements (T2 et T3) contenaient la phytase B (Axta PHY, Danisco Animal Nutrition, Dupont) à 2 doses : 300 et 600 FTU/kg d'aliment respectivement. Les niveaux de P utilisés ont été établis sur la base du ISA Nutrition Management Guide 2009. T2 et T3 ont été formulés en prenant en compte une valeur en P disponible de 0.15 et 0.18%, calcium (Ca) de 0.13 et 0.16%, sodium de 0.013 et 0.02%, énergie métabolisable de 55 et 60 kcal/kg, protéines brutes de 0.33 et 0.61% et acides aminés digestibles : lysine de 0.015 et 0.027%, méthionine + cystine de 0.015 et 0.028%, thréonine de 0.013 et 0.024%, tryptophane de 0.002 et 0.004% pour 300 et 600 FTU/kg d'aliment respectivement. Les régimes alimentaires étaient composés de maïs, blé, tourteaux de colza et de soja, et se présentaient sous forme de

farine. La composition des régimes est donnée dans le tableau 1. L'essai a été organisé en 3 phases – 21 à 33 semaines d'âge, 33 à 45 semaines d'âge et 45 à 57 semaines d'âge. Aliment et eau de boisson ont été distribués *ad libitum*. Les paramètres suivants ont été mesurés : ingestion d'aliment, nombre d'œufs par jour, qualité des œufs à J28, J56, J84, J112, J140, J168, J196, J224 et J252. Les paramètres de qualité des œufs étaient le poids de l'œuf, l'unité de Haugh, le poids du jaune d'œuf, la couleur du jaune d'œuf (mesurée par spectrophotomètre Minolta : L= indice de luminosité, a=composante chromatique rouge et b=composante chromatique jaune) ainsi que le poids de la coquille. Le poids corporel des poules a été mesuré à J0, J84, J168 et J252, les tibias gauches ont été collectés à J252 pour la mesure des cendres osseuses, et la détermination des teneurs en P et Ca. L'indice de consommation (IC) en kg d'aliment / kg de masse d'œuf et l'indice de consommation en kg d'aliment / douzaine d'œufs ont été également calculés.

### 1.2. Analyse statistique

Une analyse de variance a été réalisée. Les données ont été analysées sur la base d'un protocole complètement aléatoire par GLM (General Linear Model) dans SPSS v.19.0 avec des écarts considérés comme statistiquement significatifs pour  $P < 0,05$  et considérés comme une tendance à une différence significative pour  $P < 0,10$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les recouvrements en phytase exogène ont été analysés et ont montré des valeurs moyennes de 309 et 725 FTU/kg d'aliment ou 103 et 120% par rapport à l'attendu. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements sur les paramètres poids corporel et gain de poids sur l'ensemble des périodes évaluées. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements sur les paramètres de performance pendant la totalité de l'essai si ce n'est une tendance à un taux de cendres osseuses (%) plus élevé à 600 FTU/kg d'aliment comparativement à 300 FTU/kg d'aliment (Tableau 2). Aucune différence significative n'a été relevée en ce qui concerne les caractéristiques des œufs à l'exception des poules pondeuses ayant reçu la phytase B qui ont produit des jaunes d'œuf plus colorés, avec des teintes rouge (valeur a\*) et jaune (valeur b\*) plus élevées que celles relevées pour le groupe T1 (Tableau 3). L'absence de différence dans les performances et les caractéristiques des œufs entre T1 et T2/T3 permet de conclure que la phytase B a amélioré l'utilisation du P et du Ca, mais aussi de l'énergie et des protéines et acides aminés aux niveaux de valorisation pris en compte en formulation. L'efficacité de la phytase à dégrader les phytates et accroître la rétention du P a été démontrée chez les poules pondeuses (Van der

Klis *et al.*, 1997 ; Leske *et al.*, 1999). Plusieurs essais ont signalé une amélioration des paramètres de performances et de qualité des œufs suite à l'ajout de phytase dans des régimes alimentaires réduits en P (Selle *et al.*, 2007). L'intensification de la coloration du jaune d'œuf observée dans cette étude pourrait être considérée comme un indicateur d'amélioration de la digestibilité des nutriments. En effet, des travaux précédents ont montré une coloration plus forte en présence de phytase issue de *Buttiauxella* (Kumar et Dersjant-Li, 2015). Cela pourrait être également lié à des niveaux plus élevés de maïs dans les aliments contenant la phytase. Il a également été démontré que l'ajout de phytase dans l'alimentation des poules permettait de mieux utiliser l'énergie, les protéines, le P et le Ca dans des régimes à base de maïs (Scott *et al.*, 2001), contribuant ainsi à réduire de façon substantielle le coût des aliments. Dans cet essai, le coût alimentaire par kg d'œufs ou par douzaine d'œufs à 600 FTU/kg a été réduit de plus de 7% par

rapport à T1. Et le coût de l'aliment était inférieur de plus de 15 €/tonne pour T3 comparativement à T1

## CONCLUSION

L'ajout de phytase exogène dans l'alimentation des poules pondeuses est connu pour améliorer la libération de phosphore d'origine phytique et en limiter son excrétion. Dans le cadre de cet essai, il s'agissait non seulement de valider la contribution de la phytase B en termes de valorisation du P mais également de valorisation de l'énergie, des protéines brutes ainsi que des acides aminés digestibles. Aucune différence significative n'a été observée sur les paramètres de performances ni sur les caractéristiques des œufs, validant les valeurs nutritionnelles appliquées à cette phytase à 300 et 600 FTU/kg. Avec la dose la plus élevée de phytase, le coût alimentaire par kg d'œuf ou par douzaine d'œufs a été diminué de plus de 7% comparativement au régime sans phytase.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Dersjant-Li Y., Awati A., Schulze H. Partridge G., 2015. *J. Sci Food Agric.*, 95(5), 878-96
- ISA Nutrition Management Guide, 2009. pp18-19
- Kumar A., Dersjant-Li Y., 2015. 26 Annual Australian Poultry Science Symposium. Research Gate., <https://www.researchgate.net/profile/Pawel.../551317f10cf23203199b3e7e.pdf>
- Leske K. L. Coon C. N. COON., 1999. *Poult. Sci.*, (78), 1151-1157
- Lim H.S., Namkung H., Paik I.K., 2003. *Poult. Sci.*, (82), 92-99
- Scott T.A., Kampen R., Silversides F.G., 2001. *Can. J. Anim. Sci.*, (81), 393-401
- Selle P.H., Ravindran V., 2007. *Feed Sci. Tech.*, (135), 1-41
- Selle P.H., Ravindran V., 2008. *Livest. Sci.*, (113), 99-122
- Van der Klis J. D., Versteegh H. A. J., Simons P. C. M., Kies A. K., 1997. *Poult. Sci.*, (76), 1535-1542

**Tableau 1.** Composition des régimes alimentaires T1, T2 et T3 au cours des 3 phases d'essai

<b>Ingrédients, %</b>	<b>21-33 semaines d'âge</b>			<b>33-45 semaines d'âge</b>			<b>45-57 semaines d'âge</b>		
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Maïs	29,3	33,3	34,7	35,4	39,4	40,8	35,8	39,7	41,2
Blé	21	21	21	20	20	20	20	20	20
Remoulage de blé	7	7	7	5	5	5	5	5	5
Tourteau de colza	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tourteau de soja	22,0	20,5	19,6	20,7	19,2	18,3	19,5	18,1	17,2
Graisse de porc	5,3	3,5	3,1	3,6	1,8	1,5	3,8	1,9	1,6
Carbonate de calcium	8,20	8,19	8,19	8,26	8,25	8,25	9,11	9,10	9,10
Phosphate monocalcique	1,22	0,51	0,38	1,12	0,40	0,27	0,98	0,27	0,14
Sel	0,38	0,35	0,33	0,38	0,35	0,33	0,36	0,32	0,31
DL méthionine	0,156	0,145	0,138	0,13	0,119	0,112	0,079	0,068	0,061
L lysine HCl	--	0,016	0,024	--	0,016	0,024	--	0,016	0,024
L thréonine	0,001	0,001	--	0,001	0,001	--	--	--	--
L tryptophane	0,005	0,008	0,01	0,005	0,008	0,01	--	0,003	0,005
Prémix vitaminique	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Phytase B, FTU/kg	--	300	600	--	300	600	--	300	600
<b>Analyse calculée</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
EMAn, kcal/kg	2,780	2,725	2,720	2,735	2,680	2,675	2,730	2,675	2,670
Protéines brutes, %	16,84	16,51	16,23	16,3	15,97	15,69	15,8	15,47	15,19
Calcium, %	3,60	3,47	3,44	3,60	3,47	3,44	3,90	3,77	3,74
P Total, %	0,67	0,51	0,48	0,63	0,47	0,44	0,59	0,44	0,41
P phytique, %	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
P disponible, %	0,38	0,231	0,203	0,35	0,201	0,173	0,32	0,171	0,143
Lysine Dig., %	0,715	0,7	0,688	0,683	0,668	0,656	0,657	0,643	0,63
Méthionine Dig., %	0,384	0,375	0,371	0,355	0,351	0,347	0,299	0,294	0,29
Méth+Cys Dig., %	0,626	0,611	0,598	0,592	0,577	0,564	0,53	0,515	0,502
Thréonine Dig., %	0,516	0,499	0,488	0,502	0,489	0,478	0,485	0,472	0,461
Tryptophane Dig., %	0,178	0,176	0,174	0,165	0,163	0,162	0,16	0,158	0,156
Sodium, %	0,17	0,157	0,15	0,17	0,157	0,15	0,16	0,147	0,14
<b>Nutriments analysés sur brut (%)</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Protéines brutes	17,6	17,2	16,6	16,8	16,3	16,2	15,7	15,4	15,8
Calcium	4,05	3,64	3,63	3,72	3,46	3,34	4,05	3,89	3,8
Phosphore total	0,64	0,49	0,47	0,63	0,47	0,41	0,59	0,44	0,41
<b>Coût matières premières</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Prix en €/t	244,6	231,8	228,8	233,3	220,5	217,5	229,7	216,9	214,0

Tous les aliments contenaient 5 ppm de canthaxanthine.

**Tableau 2.** Effet de la phytase B sur les performances de poules pondeuses pendant la durée totale de l'essai (21-57 semaines d'âge)

Traitement alimentaire	T1	T2	T3	SEM N=12	Valeur P
Phytase, FTU/kg	<b>0</b>	<b>300</b>	<b>600</b>		
Taux de ponte, %	87,8	85,4	87	1,28	0,398
Ingestion journalière moyenne d'aliment, g	145	144	142	1,95	0,678
Poids des oeufs, g	65,6	65,3	66	0,42	0,487
Masse d'œufs, kg	13,81	13,21	13,37	0,416	0,967
IC, kg d'aliment/kg d'œufs	2,52	2,59	2,49	0,058	0,462
IC, kg d'aliment/douzaine d'œufs	1,99	2,03	1,97	0,043	0,613
Poids du jaune d'œuf, g	16	16	16,1	0,11	0,732
Poids de la coquille, g	8,31	8,35	8,50	0,076	0,191
Poids de l'albumen, g	41,3	41	41,4	0,34	0,60
Cendres osseuses, % tibia dégraissé	<b>54,5<sub>xy</sub></b>	<b>52<sub>y</sub></b>	<b>54,7<sub>x</sub></b>	0,896	0,08
Ca osseux, % tibia dégraissé	20,65	18,96	19,84	0,70	0,24
P osseux, % tibia dégraissé	9,19	8,46	8,52	0,29	0,16
Poids corporel à 252 jours, kg	1,98	1,94	1,96		NS
Gain de poids à 252 jours, kg	0,290	0,260	0,264		NS
Coût d'aliment /kg d'œufs, €	0,536	0,520	0,493		
Coût d'aliment/douzaine d'œufs, €	0,468	0,452	0,434		
Coût d'aliment/kg d'œufs vs. T1, %		-2,99	-8,02		
Coût aliment/douzaine d'œufs vs. T1 %		-3,42	-7,26		

x,y: tendance à une différence significative P&lt;0,10

**Tableau 3.** Effet de la phytase B sur les caractéristiques des oeufs pendant la durée totale de l'essai (21-57 semaines d'âge)

Traitement alimentaire		T1	T2	T3	SEM N=12	Valeur P
Phytase, FTU/kg		0	300	600		
Jaune d’oeuf, %		24,5	24,6	24,4	0,19	0,79
Coquille, %		12,7	12,8	12,9	0,098	0,396
Albumen, %		62,8	62,6	62,7	0,187	0,69
Unités de Haugh		88,7	89	89,1	0,51	0,81
Couleur du jaune d’oeuf	L	46,71	46,38	46,70	0,153	0,23
	a	17,74b	18,80a	18,68a	0,10	<0,0001
	b	37,05b	37,99a	38,10a	0,176	0,0003
Oeufs cassés, %		1,15	0,95	1,08	0,143	0,52
Oeufs fêlés, %		0,58	0,63	0,67	0,096	0,60
Oeufs sales, %		1,41	2,08	2,53	0,566	0,385
Oeufs sans coquille, %		0,07	0,11	0,03	0,027	0,177

a,b: différence significative à P&lt;0,05

# EFFICACITE D'UNE PHYTASE ISSUE DE *BUTTIAUXELLA SP.* SUR LES PERFORMANCES DE PONDEUSES DE 21 A 57 SEMAINES D'AGE

Carlos Millán Calleja<sup>1</sup>, Marta Gracia<sup>1</sup>, Yueming Dersjant-Li<sup>2</sup>, Anne-Marie Debicki-Garnier<sup>3</sup>, Bertrand Messenger<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Imasde Agroalimentarias, Spain: <sup>2</sup>Danisco Animal Nutrition, UK, <sup>3</sup>Danisco France SAS: <sup>4</sup>Atilis Nutrition Animale, France

**La phytase issue de *Buttiauxella sp.* peut être utilisée en pondeuses durant la période de production avec une valorisation des nutriments permettant des résultats équivalents à un aliment sans phytase, mais avec une diminution du coût alimentaire pouvant aller jusqu'à plus de 7%**

## Objectif

Valider les valeurs matricielles d'une phytase issue de *Buttiauxella sp.* aux doses de 300 et 600 FTU/kg d'aliment, en pondeuses, sur une période de ponte allant de 21 à 57 semaines d'âge, en termes de performances et qualité de l'œuf.

## Résultats

Aucune différence significative n'a été observée entre le témoin positif et les traitements contenant la phytase issue de *Buttiauxella sp.* L'addition de phytase a significativement amélioré la couleur du jaune d'œuf et a permis de diminuer le coût alimentaire en particulier à 600 FTU/kg d'aliment.

## Matériel et méthodes

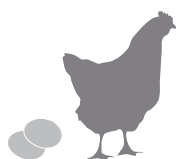
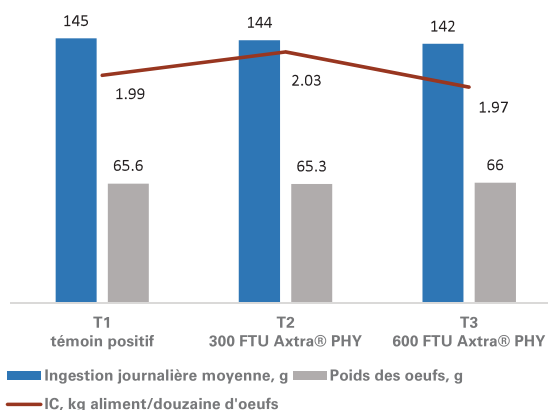
360 poules pondeuses ISA Brown âgées de 21 semaines ont été réparties en trois traitements –

T1: témoin positif,

T2 et T3 formulés en prenant en compte les valeurs en P, Ca, Na, énergie métabolisable, protéine et acides aminés pour la phytase issue de *Buttiauxella sp.* à 300 et 600 FTU/kg d'aliment respectivement.

Les performances, la teneur en cendres des tibias et la qualité de l'œuf ont été mesurés.

## Performances de 21 à 57 semaines d'âge



COÛT D'ALIMENT/	T1	T2	T3
Kg d'oeufs, €	0.536	0.520	0.493
Douzaine d'oeufs, €	0.468	0.452	0.434
Kg d'oeufs vs. T1, %		-2.99	-8.02
Douzaine d'oeufs vs. T1, %		-3.42	-7.26

Copyright © 2017 DuPont or its affiliates. All rights reserved. The DuPont Oval Logo, DuPont™ and all products denoted with ® or ™ are registered trademarks or trademarks of DuPont or its affiliates. Local regulations should be consulted regarding the use of this product, as legislation regarding its use may vary from country to country. The information and all technical and other advice are based on DuPont's present knowledge and experience. However, DuPont makes no representation or warranty with respect to this information or the accuracy, reliability or completeness of this information. DuPont provides this information to the reader without any warranties of any kind, either express or implied. Furthermore, DuPont assumes no liability for such information or advice, including the extent to which such information or advice may relate to third party intellectual property rights. In no event shall DuPont be liable for any damages arising from the reader's reliance upon or use of this information or any consequence thereof. The reader should conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes. DuPont reserves the right to make any changes to information or advice at any time, without prior or subsequent notice.

## EFFET DE L'INCORPORATION D'ACTIFS À ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE ISSUS D'EXTRAITS DE PLANTES SUR LES PERFORMANCES DU CANARD MULARD

Canin Amandine, Crinière Mickaël, Desbordes Pierre, Domitile Renaud

IDENA – 21, Rue du Moulin- 44880 SAUTRON  
[amandine.canin@idena.fr](mailto:amandine.canin@idena.fr)

### RÉSUMÉ

Chez les animaux d'élevage, une activité métabolique élevée, liée au besoin de production, peut conduire à un état de stress oxydant et à une détérioration des performances zootechniques, voire même de leur santé. L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet d'un mélange d'actifs issus d'extraits de plantes, connus pour leurs activités antioxydantes et anti-inflammatoires, sur les performances des canards mulards en élevage et à l'abattage.

3 200 canards mulards d'un jour (MMGxPKL) ont été séparés en 2 groupes (TÉMOIN et EL) x 4 répétitions par groupe pour la période d'élevage. Ces deux groupes ont reçu le même programme alimentaire. Le groupe EL a été supplémenté jusqu'à la mise en gavage avec un mélange d'actifs incorporés à 0,5% dans l'aliment complet. A 84 jours, le poids et la consommation alimentaire par groupe ont été mesurés. Des prélèvements sanguins ont été réalisés afin de mesurer l'activité de deux enzymes anti-oxydantes : la superoxyde dismutase (SOD) et la glutathion peroxydase (GPx). Les canards ont été ensuite répartis chez 3 gaveurs pour 12 jours. A l'abattage, des mesures individuelles de poids de magrets et de foies ont été réalisées.

A la mise en gavage, le poids vif des animaux du groupe EL a été amélioré de 3,7 % ( $p < 0,001$ ). L'indice de consommation a été également amélioré (4,50 contre 4,62). A l'abattage, les animaux du groupe EL avaient des poids de magret supérieurs ( $p < 0,01$ ). Une forte variabilité inter-échantillon a été obtenue pour les mesures des activités des enzymes anti-oxydantes dans le sang. Une baisse de l'activité de la SOD dans les érythrocytes a été observée pour les animaux du groupe EL ( $p < 0,05$ ). Les résultats obtenus ont montré que les actifs testés, distribués aux canards en période d'élevage, ont eu un effet bénéfique sur les performances zootechniques sur cette période. Les mécanismes d'actions sur le système antioxydant endogène et les réponses inflammatoires restent à élucider.

### ABSTRACT

#### Effect of plant extracts with antioxydant activities on male mule ducks performances

Livestock animals have a strong metabolism activity, due to their high production requirements. It can lead to oxidative stress disorders; deteriorate growth performance and even their health.

The objective of this study was to assess the effect of a mixture of active ingredients of plant extracts, known for their antioxidant and anti-inflammatory properties, on performances of mule ducks, in rearing and force-feeding period.

3200 day-old mule ducks (MMGxPKL) were separated in 2 groups (negative control and treatment = EL) x4 replicates per group for the rearing period. Each group received the same feeding program. EL group was supplemented, until the force-feeding period, with a mixture of actives from plants incorporated at 0.5% in the complete feed. At 84 days, the live weight and the feed consumption were measured for each treatment. Blood samples were also taken to measure the activity of two antioxidant enzymes: superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GPx). For force-feeding, the ducks were separated among 3 farmers during 12 days. At slaughter, individual measures of breast and liver were conducted.

At 84 days, mean live weight for EL group was improved by 3.7% ( $p < 0.001$ ). Feed Conversion Ratio was also improved (4.50 versus 4.62). At slaughter, breast weight was higher for EL group ( $p < 0.01$ ). A high variability in the results of the activities of antioxidant enzymes was obtained. A decrease in SOD activity in erythrocytes was observed for the EL group ( $p < 0.05$ ). The results shew that the actives assessed in this study, distributed to ducks during the rearing period, had a beneficial effect on growth performance over that period. The mechanisms of endogenous antioxidant system and inflammatory responses remain to be elucidated.

## INTRODUCTION

Les Espèces Réactives de l'Oxygène (ERO) sont des espèces chimiques oxydantes, produites en permanence dans les organismes aérobies. Elles régulent l'activité de facteurs de transcription qui contrôlent l'expression de gènes pour de nombreuses réactions (antioxydante, immunitaire, anti-inflammatoire, apoptose *etc.*). Générées en trop forte quantité, elles peuvent cependant, par oxydation, endommager des molécules essentielles telles que l'ADN, des protéines, des lipides ou des glucides (Surai, 2006, Salami *et al.*, 2015). Le système antioxydant endogène, composé entre autre d'enzymes, permet de moduler le taux d'ERO, leur permettant ainsi d'exercer leurs fonctions indispensables et de minimiser les dommages oxydatifs qu'ils peuvent causer.

Le stress oxydant est un déséquilibre entre la production d'ERO et l'activité du système antioxydant, qui conduit à une rupture de la signalisation cellulaire et l'apparition de dommages oxydatifs (Augustyniak *et al.*, 2010). En élevage de volailles de chair, des facteurs, liés à l'animal ou externes, peuvent provoquer une augmentation de la production d'ERO. Les volailles de chair ont un métabolisme cellulaire très sollicité lié à leur besoin de production élevé. Egalement, l'aliment (teneur élevée en acides gras polyinsaturés, risque mycotoxines), la vaccination, des maladies, l'environnement (ambiance, densité), le ramassage, le transport, sont autant d'évènements qui peuvent provoquer un stress chez les animaux.

De nombreux métabolites secondaires issus de végétaux sont reconnus pour leurs propriétés antioxydantes (Augustyniak *et al.*, 2010). En production de volailles, ces antioxydants naturels permettraient le maintien du bien-être et de la santé des animaux et auraient des effets positifs sur les performances techniques et la qualité des viandes (Surai, 2006).

L'objectif de cet essai était donc de comparer les performances d'élevage et d'abattage de canards mulards dont l'aliment en élevage était supplémenté ou non avec un mélange d'actifs à activité antioxydante et anti-inflammatoire, issus d'extraits de plantes, et de mettre en évidence cette activité.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Dispositif expérimental

L'essai a été réalisé dans le bâtiment expérimental « La Cazelle » situé à Gramat (46) de décembre 2015 à mars 2016. 3200 canards mulards (MMGxPKL) d'un jour, issus du même couvoir,

ont été mis en place aléatoirement dans 8 cases de 400 canards et répartis en 2 groupes (TÉMOIN et Essai = EL, soit 4 cases par groupe) de manière à respecter un même poids moyen à la mise en place. Chaque case donnait accès à un parcours extérieur clôturé par case. Pendant la période d'élevage, les deux groupes ont suivi le même programme alimentaire : un aliment démarrage (1-28 jours, EMA = 2750 kcal/kg, 17% PB) puis un aliment croissance-finition (29 jours-mise en gavage, EMA = 2850 kcal/kg, 15,8% PB). Les animaux du groupe EL ont été supplémentés jusqu'à la mise en gavage avec un mélange d'huiles essentielles incorporé à 0,5% dans l'aliment complet et issus de plantes, contenant des acides phénoliques et des terpènes connus pour leurs activités anti-oxydante et anti-inflammatoire. A 84 jours, les canards ont été répartis uniformément chez 3 gavageurs, chacun recevant autant d'animaux des deux groupes. Pendant 12 jours, les canards ont été gavés avec le même aliment selon la même courbe de gavage, puis abattus.

### 1.2. Mesures

Pendant la période d'élevage, des pesées hebdomadaires d'un échantillon de 50 animaux par parc ont été réalisées. A 84 jours, avant la mise en gavage, la totalité des animaux par case a été pesée. La consommation alimentaire a été mesurée chaque semaine et la mortalité quotidiennement. La veille de la mise en gavage, un prélèvement de sang a été réalisé au niveau de la tête sur 5 animaux par case, soit 20 échantillons par groupe. Les prélèvements ont été acheminés dans un laboratoire extérieur pour déterminer l'activité de deux enzymes antioxydantes, la Superoxyde Dismutase sous ces trois formes (Cu/Zn, Mn et Fe SOD) et la Glutathion Peroxydase (GPx) dans les lysats érythrocytaires et les plasmas. L'activité des enzymes a été mesurée indirectement en utilisant une méthode colorimétrique. A l'abattage, les poids individuels des foies et des magrets ont été mesurés.

### 1.3. Analyses statistiques

Le traitement des données a été effectué sous Excel®, et l'analyse statistique réalisée à l'aide du logiciel RStudio®. Pour les résultats en élevage, le poids moyen, le Gain Moyen Quotidien (GMQ) et l'Indice de consommation (IC) par groupe ont été calculés chaque semaine. A 80 jours, les poids moyens des deux groupes ont été comparés à l'aide d'un test t de Student ( $\alpha=5\%$ ). Pour l'IC et la mortalité, nous nous sommes concentrés sur la différence observée entre les deux traitements. Pour



les résultats après gavage, l'effet du gaveur et du traitement sur les poids de foie et de magret, principaux critères techniques à l'abattage, ont été évalués par analyse de la variance à 2 facteurs ( $\alpha=5\%$ ). Un test de comparaison de moyenne (test t de Student ou le test de Wilcoxon si les données ne suivaient pas une loi normale et/ou si les variances n'étaient pas égales) a été réalisé pour déterminer l'effet du traitement sur les activités des enzymes SOD et GPx dans le plasma et dans les érythrocytes.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Performances zootechniques en période d'élevage

Les résultats techniques des deux lots en période d'élevage sont présentés dans le tableau 1. La mortalité à la fin de la période d'élevage a été la même pour les deux groupes. Elle est principalement apparue pour les deux groupes en début d'élevage et a donc eu peu d'impact sur les performances à 84 jours.

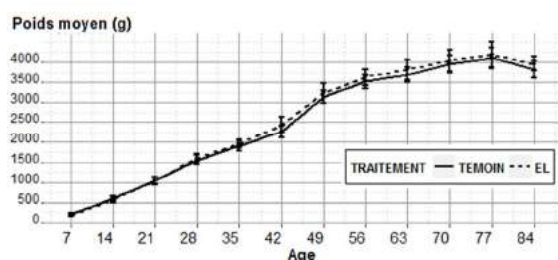


Figure 1. Courbe de croissance de 1 à 84 jours

La figure 1 représente la courbe de croissance des canards de 1 à 84 jours pour les deux groupes. A la mise en gavage, le poids moyen des animaux a été significativement plus élevé pour le lot « EL », soit une augmentation du poids vif de 3,7% par rapport au groupe « Témoin ». La dernière pesée a eu lieu après la mise à jeun (>24h), ce qui expliquait la perte de poids observée sur la courbe entre 77 et 84 jours. A 84 jours, la consommation alimentaire totale a été plus élevée pour les animaux du groupe « EL » avec 17,857 kg consommés en moyenne par canard, contre 17,643 kg pour les animaux « TÉMOIN ». Cependant, l'IC à 84 jours a été amélioré non significativement de 2,6% pour les animaux du groupe « EL » ( $IC_{EL}=4,501$  et  $IC_{TÉMOIN}=4,622$ ).

Dans plusieurs études s'intéressant aux effets d'extraits de plantes aux propriétés antioxydantes, les performances de croissance des volailles sont influencées positivement. Chez le canard Pékin, l'ajout d'huile essentielle d'origan dans la ration de 1 à 56 jours a permis d'améliorer significativement

le poids vif des animaux à 21 et 56 jours ainsi que l'indice de consommation (Marin *et al.*, 2015). De même, chez le poulet de chair dont l'aliment était supplémenté avec des extraits de curcuma ou de thym, le poids vif a été augmenté et l'indice de consommation diminué (Fallah *et al.*, 2016). Des résultats similaires ont été obtenus avec ajout d'extraits de romarin ou d'anis (Al. Kassie, 2008, Yesilbag *et al.*, 2011, Norouzi *et al.*, 2015). Ces extraits de plantes à activité antioxydante ont également un effet positif sur le microbiote iléal (Norouzi *et al.* 2015) et la digestion et possèdent des propriétés anti-microbienne et anti-inflammatoire. Dans notre étude, l'administration d'acides phénoliques et de terpènes, connus pour leurs activités anti-oxydante et anti-inflammatoire, ont confirmé ces résultats sur les performances de croissance.

A l'inverse, dans d'autres études, l'addition d'extraits aux propriétés antioxydantes n'a pas eu d'effet sur les performances zootechniques (Park *et al.*, 2015, Brenes *et al.*, 2008). Selon Park *et al.* (2015), ces résultats contradictoires peuvent être expliqués par des conditions expérimentales très contrôlées qui ne permettent pas toujours de mettre en évidence des effets sur les performances des animaux. Egalement, la proportion de fleurs, de feuilles, le process d'extraction peuvent jouer sur la qualité de l'extrait, sa composition en substances actives et leur stabilité.

### 2.2. Performances en gavage

Les résultats d'abattage sont présentés dans le tableau 2. L'analyse statistique a mis en évidence un effet significatif du gaveur sans interaction avec le traitement. Le poids de magrets a été significativement amélioré pour les animaux du groupe « EL » (Figure 2).

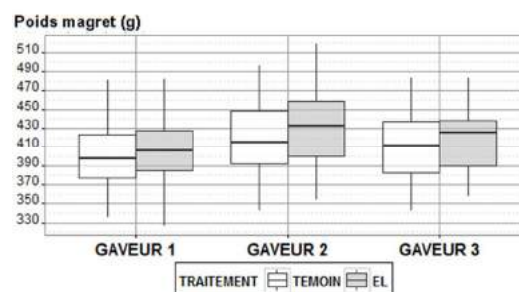
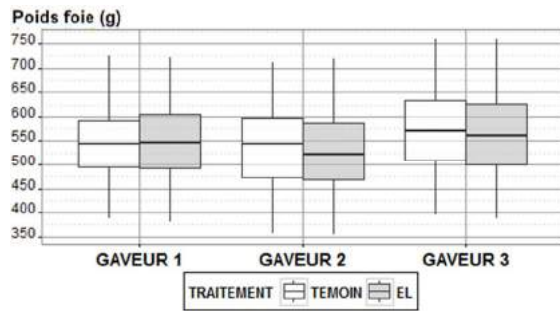


Figure 2. Poids des magrets

L'administration d'acides phénoliques et de terpènes pendant la période d'élevage n'a pas eu d'incidence sur le poids de foie (Figure 3).



**Figure 3.** Poids des foies

Dans cet essai, l'amélioration du poids de magret pouvait être reliée à un meilleur poids vifs à la mise en gavage. L'effet des actifs distribués en période d'élevage n'a pas semblé se prolonger pendant le gavage sur les foies. En revanche, des essais menés par IDENA en 2014 (résultats internes, non publiés) ont montré l'effet bénéfique des acides phénoliques et des terpènes pendant le gavage sur le poids de foie. Des études sur la qualité du foie gras indiquaient que des foies à fort taux de fonte étaient à un stade de stéatose avancé, au cours duquel les cellules mettaient en place des mécanismes de défense, comme l'augmentation de l'activité du système antioxydant, indiquant une augmentation du stress oxydatif au cours de la stéatose (Theron *et al.*, 2011, Bax, 2012). L'administration d'antioxydants distribués pendant le gavage peut donc être intéressante pour protéger les cellules hépatiques.

### 2.3. Activités des enzymes antioxydantes

Les résultats des dosages des activités enzymatiques sont présentés dans le tableau 3. L'activité de la GPx, dans le plasma ou dans les érythrocytes, a été la même pour les deux lots. Également, nous n'avons pas observé de différence pour l'activité de la SOD dans le plasma. En revanche, dans les érythrocytes, elle a été significativement plus faible chez les animaux du groupe « EL ». Les coefficients de variation (CV) étaient élevés pour ces résultats.

Chez des poulets supplémentés avec des huiles essentielles de romarin ayant des propriétés antioxydantes, une baisse de l'activité de la SOD sanguine a également été montrée (Yesilbag *et al.*, 2011). À l'inverse, des études ont montré une augmentation de l'activité des enzymes. Chez le poulet, dans une étude testant l'effet de plusieurs extraits naturels dont le romarin, une augmentation de l'activité de la GPx a été observée dans le plasma. Les résultats obtenus pour la SOD étaient très variables (Vossen *et al.*, 2010). Avec des

extraits de curcuma, une augmentation de l'activité des deux enzymes a également été observée mais cet effet s'annulait sous l'influence d'un stress thermique pour la SOD (Hosseini-Vashan *et al.*, 2012). Enfin, Park *et al.* (2015) ont montré une augmentation de la GPx et de la SOD dans des échantillons de sang de canards supplémentés avec des extraits d'origan alors que chez des poulets également supplémentés avec des extraits d'origan, aucun effet n'a été montré sur l'activité des enzymes SOD, GPx et CAT mesurée sur des prélèvements de filets (Young *et al.*, 2003). Les résultats obtenus en présence d'antioxydants issus d'extraits naturels sont donc contradictoires (Vossen *et al.*, 2010) et la concentration des enzymes antioxydantes ne semblent pas être un critère fiable du statut oxydant de l'animal.

Dans le plasma et les tissus, les actifs naturels exercent un effet pro-oxydant et activent des facteurs de transcription cellulaires. Cela se traduit par une réponse dynamique, avec d'abord une augmentation des éléments antioxydants suivi de leur diminution pour revenir à la production basale. Il est donc difficile de déterminer où l'on se situe en ne mesurant la réponse qu'à un seul instant (Lushchak, 2014). Les résultats semblent également varier selon la dose, le type et la qualité de l'extrait testé mais également selon la nature du tissu étudié, (Yesilbag, 2011, Park, 2015, Yesil-Celiktas, 2007). Les cellules du foie et sanguines ne répondent pas de la même manière (Vossen *et al.*, 2010). Le foie étant un organe largement sollicité chez le canard gras, il pourrait être intéressant de cibler cet organe pour étudier la réponse antioxydante. Enfin, les mesures effectuées sur du sang nécessitent de respecter des protocoles stricts car il peut y avoir une dégradation rapide des molécules d'intérêts. Les activités enzymatiques peuvent évoluer entre le prélèvement et le traitement des échantillons au laboratoire.

### CONCLUSION

Dans cette étude, la distribution d'acides phénoliques et de terpènes a eu un effet bénéfique sur les performances du canard mulard prêt-à-gaver. Ces actifs pourraient également avoir un intérêt dans d'autres productions comme chez les reproducteurs mâles (fertilité) ou femelles (embryon et viabilité du poussin), mais également pour le contrôle de la qualité des viandes et seront des sujets intéressants à investiguer.

L'effet sur le système antioxydant endogène reste néanmoins à préciser en trouvant un indicateur

pertinent de la réponse anti-oxydante. Par ailleurs la caractérisation des effets anti-inflammatoires des

actifs peut également être intéressante à étudier.

**Tableau 1.** Performances zootechniques avant la mise en gavage à 84 jours

	TÉMOIN	EL	TEST	p-value
<b>Mortalité (%)</b>	2,51	2,33	-	-
<b>Poids moyen à 28j (g)*</b>	1546(±115)	1605(±100)	-	-
<b>Poids moyen à 56j (g)*</b>	3528 (±169)	3633 (±193)	-	-
<b>Poids moyen à 84j (g)**</b>	3818 <sup>a</sup> (±173)	3958 <sup>b</sup> (±163)	Student	<0,001
<b>Consommation cumulée moyenne (kg/canard)***</b>	17,642 (±0,332)	17,875 (±0,908)	-	-
<b>Indice de consommation moyen***</b>	4,622 (±0,230)	4,501 (±0,130)	-	-

\*Moyenne et écart-type des 4 cases par traitement : poids moyen d'un échantillon de 50 canards par case

\*\*Moyenne et écart-type des poids moyens de l'ensemble des animaux par traitement (pesée par groupe de ≈10 canards)

\*\*\*Moyenne et écart-type des résultats des 4 cases par traitement

**Tableau 2.** Moyennes et écart-type des pesées individuelles des foies et des magrets par gavage et par traitement et résultats de l'ANOVA 2 facteurs (traitement et gavage)

Poids de magrets				Poids de foies		
	TÉMOIN Moyenne	EL Moyenne	Effet traitement p-value	TÉMOIN Moyenne	EL Moyenne	Effet traitement p-value
<b>GAVEUR 1</b>	400±35	407±35	0,008925	547±74	549±76	0,08057
<b>GAVEUR 2</b>	419±34	433±39		537±83	529±79	
<b>GAVEUR 3</b>	413±34	418±32		574±81	566±84	
<b>Effet gavage p-value</b>	1,472.10 <sup>-7</sup>		Pas d'interaction	<2.10 <sup>-16</sup>		Pas d'interaction

**Tableau 3.** Activité de la SOD et de la GPx dans le plasma et les érythrocytes

		TÉMOIN		EL		TEST	p-value
		Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)		
<b>SOD</b>	Plasma	809,5 <sup>a</sup> (±161,6)	20	840,6 <sup>a</sup> (±118,8)	14	Student	NS
<b>(U/ml)</b>	Eryth.	42 975,0 <sup>a</sup> (±7 751,4)	18	36 875 <sup>b</sup> (±9 088,2)	25	Student	0,02806
<b>GPx</b>	Plasma (/L de plasma)	333,6 <sup>a</sup> (±82,5)	25	343,9 <sup>a</sup> (±94,2)	27	Student	NS
<b>(μmol/min)</b>	Eryth. (/ml de culot de GR <sup>1</sup> )	32,7 <sup>a</sup> (±5,6)	17	32,5 <sup>a</sup> (±4,7)	14	Wilcoxon	NS

<sup>1</sup> GR : Globules Rouges

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al-Kassie G.A.M., Intern. Journ.Poult.Sci., 2008. 7 (3), 243-245.
- Augustyniak A., Bartosz G., Cipak A., Duburs G., Horakova L.U., Luczaj W., Majekova M., Odysseos A., Rackova L., Skrzydlewska E., Stefek M., Strosova M., Tirzitis G., Venskutonis P.R., Viskupicova J., Vranka P.S., Zarkovic N., 2010. Free.Rad.Res., 44(10), 1216-1262.
- Bax M.L., Chambon C., Marty-Grasset N., Remignon H., Fernandez X., Molette C., 2012. Poult.Sci., 91, 112-220.
- Brenes A., Viveros A., Goni I., Centeno C., Sayago-Ayerdy S.G., Arijia I., Saura-Calixto F., 2008. Poult.Sci., 87, 307-316.
- Fallah R., Mirzaei E., 2016. Journ.Liv.Sci., 7.
- Hosseini-Vashan S.J., Golian A., Yaghobfar A., Zarban A., Afzali A., Esmailinasab P., Afri.Journ.of.Biotech., 2012. 11(94), 16118-16125.
- Lushchak V.I., 2014. EXCLI Journ., 13, 922-937.
- Marin M., Dragotoiu D., Nicolae C.G., Dinita G., 2015. AgroL.Sci.Journ., (vol. 4 – 2), 48-51.
- Norouzi B., Qotbi A.A.Q., Seidavi A., Schiavone A., Martinez Marin A.L., 2015. It.Journ.An.Sci., 14, 448-453.
- Park J.H., Kang S.N., Shin D., Shim K.S., 2015. Asi.Austr.Journ.Anim.Sci., 28(1), 79-85.
- Salami S.A., Majoka M.A., Saha S., Garber A., Gabarrou J.F., 2015. Av.Bio.Research, 8 (2), 65-78.
- Surai P.F., 2007. In : 16<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, p669-676..
- Theron L., Fernandez X., Marty-Gasset N., Pichereaux C., Rossignol M., Chambon C., Viala D., Astruc D., Molette C., 2011. J.Agric.Fo.Chem., 59, 12617-12628.
- Vossen E., Ntawubizi M., Raes K., Smet K., Huyghebaert G., Arnouts S., De Smet S., 2010. J.of.An.Phys.And.An.Nut., 95, 198-205.
- Yesilbag D., Eren M., Agel H., Kovanlikaya A., Balci F., 2011. Brit.Poult. Sci., 52 (4), 472-482.
- Young J.F., Stagsted J., Jensen S.K., Karlsson A.H., Henckel P., 2003. Poult.Sci., 82, 1343-1351.

# EFFET DE L'INCORPORATION D'ACTIFS À ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE ISSUS D'EXTRAITS DE PLANTES SUR LES PERFORMANCES DU CANARD MULARD

CANIN Amandine, CRINIERE Mickaël, DESBORDES Pierre, DOMITILE Renaud



Chez les animaux d'élevage, une activité métabolique élevée, liée au besoin de production, peut conduire à un état de stress oxydant et à une détérioration des performances zootechniques, voire même de leur santé.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet d'un mélange d'actifs issus d'extraits de plantes, connus pour leurs activités antioxydantes et anti-inflammatoires, sur les performances des canards mulards en élevage et à l'abattage.



## MATÉRIELS ET MÉTHODES

- Canards Mulards (MMg X PKL)
- 2 traitements (TÉMOIN et EL) x 4 répétitions x 400 canards
- Elevage PAG de J1 à J84
- 12 jours de gavage: répartition des canards chez 3 gaveurs



### Données mesurées en élevage:

- Mortalité journalière
- Pesées hebdomadaires d'un échantillon de 50 animaux/parc
- Consommation alimentaire

### Données mesurées à l'abattage:

- Poids individuels des foies

PÉRIODE	J1 - J28	J29-J84
ALIMENT	Démarrage	2ème âge
EMA (kcal/kg)	2750	2850
PROTÉINES BRUTES (%)	17,0	15,8
SUPPLÉMENTATION GROUPE EL	Mélange d'huiles essentielles – 0.5%	

### Données mesurées avant la mise en gavage (J84)

- Pesée de la totalité des canards en groupe/parc
- Dosage de l'activité enzymatique de la Superoxyde Dismutase (SOD) et la Glutathion Peroxydase (GPx) – prélèvements sanguins de 20 cd/groupe



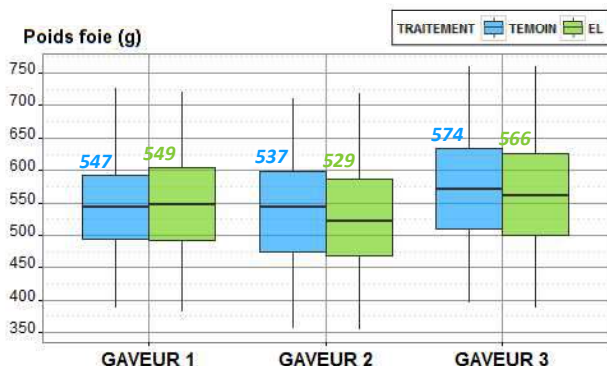
## RÉSULTATS

### + Des performances en période d'élevage améliorées

- Mortalité équivalente
- Croissance supérieure pour le groupe EL
- Poids vifs à 84j significativement supérieurs (+3,7%)
- IC amélioré (-2,6%)

	TÉMOIN	EL
Mortalité (%)	2,51	2,33
Poids moyen à 28j (g)	1546(±115)	1605(±100)
Poids moyen à 56j (g)	3528 (±169)	3633 (±193)
Poids moyen à 84j (g)	3818 (±173) a	3958 (±163) b
Consommation cumulée moyenne (kg/canard)	17,642 (±0,332)	17,875 (±0,908)
Indice de consommation moyen	4,622 (±0,230)	4,501 (±0,130)

### - Pas d'effet des actifs distribués en élevage sur le poids de foie après gavage

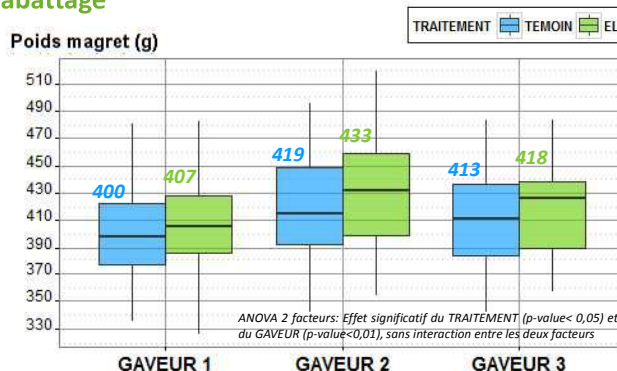


## CONCLUSION

Effets positifs des actifs extraits de plantes à activité antioxydante et anti-inflammatoire distribués chez le canard mulard en période d'élevage:

- Amélioration des performances zootechniques (croissance et IC) et du poids de magret à l'abattage
- Pas d'effet latent pendant le gavage sur le poids de foie
- Des mécanismes d'action sur le système antioxydant endogène à élucider

### + Des poids de magret significativement supérieurs à l'abattage



### - Peu de modification des activités enzymatiques dans le sang

		TÉMOIN		EL	
		Moyenne	CV (%)	Moyenne	CV (%)
SOD (U/ml)	Plasma	809,5 (±161,6)	20	840,6 (±118,8)	14
	Eryth.	42 975 (±7 751) a	18	36 875 (±9 088) b	25
GPx (μmol/min)	Plasma	333,6 (±82,5)	25	343,9 (±94,2)	27
	Eryth.	32,7 (±5,6)	17	32,5 (±4,7)	14

- Pas de changement d'activité de la GPx
- Baisse de l'activité de la SOD dans les érythrocytes
- CV élevés indiquant des variations importantes entre les échantillons sanguins



idena  
LA NUTRITION ANIMALE INNOVANTE PAR NATURE



## INFLUENCE DE L'INCORPORATION D'ARGILE DANS LES ALIMENTS D'ELEVAGE ET/OU DE GAVAGE CHEZ L'OIE

**Lavigne Franck<sup>1</sup>, Mondoux Cédric<sup>1</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>, Arroyo Julien<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN

[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

### RÉSUMÉ

L'incorporation de liants argileux dans les aliments distribués pendant les phases d'élevage et de gavage devient une pratique de plus en plus courante dans la filière foie gras. Cette pratique repose en premier lieu sur les capacités d'amélioration de la texture et de la durabilité des aliments de ces composés, mais également sur leur effet bénéfique sur la digestion comme observé chez le poulet. Or chez l'oie, il semble que cette pratique pendant la phase d'élevage, mais pas pendant la phase de gavage, pénalise les performances des animaux pendant le gavage. L'objectif de ces essais était d'étudier les effets de l'incorporation d'argile dans les aliments d'élevage et/ou gavage sur les performances des oies. Pour cela, deux essais ont été réalisés avec chacun 300 jars élevés avec des aliments croissance-finition contenant de l'argile (A) incorporé à 2% dans l'aliment ou sans argile (S). Pendant le gavage, la moitié des oies de chacun des deux essais a reçu une pâtée de gavage additionnée de 2% de prémix contenant (A) (580 g d'argile/kg prémix) ou non (S) de l'argile, ce qui permet de distinguer 4 lots : SA et SS (Essai 1), AS et AA (Essai 2). A la fin de la période de gavage, les oies ont été abattues pour mesurer le poids de foie. Dans l'essai 1, les animaux du groupe SA avaient des poids vif d'abattage (7994 g vs. 7862 g,  $P < 0,01$ ) et des gains de poids (GP, 2442 g vs. 2318 g,  $P < 0,001$ ) plus élevés et un indice de consommation plus faible (IC ; 5,26 vs. 5,56 ;  $P < 0,01$ ) que ceux des animaux du lot SS. Les autres paramètres mesurés (maïs ingéré, poids de foie) étaient similaires. Dans l'essai 2, les animaux du lot AA avaient consommé plus de maïs (12843 g vs. 12755 g,  $P < 0,01$ ) et montre des gains de poids (2468g vs. 2335g,  $P < 0,001$ ) et des poids de foies (1109 g vs. 1033 g,  $P < 0,01$ ) plus élevés que ceux du lot SS. Les autres paramètres mesurés (poids vif à l'abattage et IC) étaient similaires. En conclusion, administrée pendant la phase de gavage, l'argile améliore les gains de poids, qu'elle soit administrée sur des oies l'ayant reçue ou non pendant la phase de croissance.

### ABSTRACT

#### **Influence of clay incorporation in rearing and / or overfeeding diet of geese**

The incorporation of clay binders in rearing and overfeeding diets is becoming an increasingly common practice in the foie gras production. This practice is based primarily on their ability to improve the texture and durability of diet but also on their beneficial effect on the digestion such as observed in the chicken. However, in the goose, it seems that this practice during the rearing period, but not during the overfeeding period, penalizes the performances of the animals during the overfeeding. The objective of these trials was to study the effects of the incorporation of clay in rearing and/or in overfeeding diet on the performance of geese. For this, two trials were conducted, each with 300 jars raised with growing-finishing diets containing clay (A) incorporated into 2% or without clay (S). During overfeeding, half of the geese in each of the two trials received a overfeeding mixture supplemented with 2% premix containing (580 g of clay/kg premix) or not clay, which makes it possible to distinguish 4 groups: SA and SS (Trial 1), AS and AA (Trial 2). At the end of the overfeeding period, the geese were slaughtered to measure the liver weight. In trial 1, animals in the SA group had live weights at slaughter (7994 g vs. 7862 g,  $P < 0.01$ ) and weight gains (GP, 2442 g vs. 2318 g,  $P < 0.001$ ) and the best feed conversion ratio (IC, 5.26 vs. 5.56,  $P < 0.01$ ) than those of the SS group. The other parameters measured (corn intake, liver weight) were similar. In trial 2, animals of AA group had consumed more corn (12843 g vs. 12755 g,  $P < 0.01$ ), and shown weight gain (2468 g vs. 2335 g,  $P < 0.001$ ) and livers weight (1109 g vs 1033 g,  $P < 0.01$ ) higher than those of the SS group. Other measured parameters (live weight at slaughter and IC) were similar. In conclusion, administered during the overfeeding period, the clay improves weight gains, whether it is administered to geese that received it or not during the growing period.



## INTRODUCTION

Les palmipèdes élevés pour la production de foie gras sont soumis à plusieurs phases de transitions alimentaires correspondant à des changements de forme, de composition et de valeur alimentaire de l'aliment ainsi qu'à des changements de rythme de prise alimentaire. Ces changements ont pour objectifs d'adapter l'alimentation à l'évolution des besoins des animaux, de les préparer à la phase de gavage et enfin de les soumettre au gavage. Ils se traduisent fréquemment, comme dans les autres espèces, par une réduction transitoire de l'ingestion qui peut entraîner une hétérogénéité du poids et des performances des animaux. Cette réponse s'explique par le délai nécessaire à l'adaptation comportementale et digestive des animaux. Elle est variable entre les individus. De ce point de vue, la mise en gavage correspond à une transition majeure avec un niveau et un rythme de prise alimentaire imposés par l'éleveur, associés à un changement dans la composition, la présentation et la valeur nutritionnelle de l'aliment (réduction des apports protéiques lors du passage d'un aliment complet granulé à la pâtée de gavage qui contient majoritairement du maïs). Cela peut entraîner une mauvaise digestion au début de la période de gavage. Ce phénomène affecte par la suite l'homogénéité du lot ainsi que les performances (mortalité, poids de foie ; Arroyo et al., 2012).

L'incorporation de liants argileux (bentonites et/ou zéolites) dans les aliments d'élevage et dans la pâtée de gavage devient une pratique de plus en plus courante dans la filière foie gras. Cette pratique repose en premier lieu sur leurs capacités d'amélioration de la texture et de conservation des aliments mais également sur leur action de ralentissement du temps de transit des aliments dans le tube digestif. En effet, chez le poulet, il a été démontré qu'incorporée dans des aliments contenant peu de polysaccharides non amylacés (NSP), la sépiolite augmente le temps de rétention des aliments au niveau intestinal, diminue la viscosité des contenus intestinaux et améliore la digestibilité de la matière organique (Ouhida et al., 2000). Dans ces conditions différents auteurs observent une amélioration de la productivité chez la poule pondeuse (Olver, 1997 ; Castaing et Larroude, 1999).

Or, lors d'un précédent essai chez l'oie (Lavigne et al., 2015), il a été observé que l'argile incorporée à hauteur de 2% dans l'aliment complet d'élevage suivi d'un gavage n'utilisant pas d'argile, pénalisait les performances des animaux pendant le gavage : augmentation du taux de mortalité et diminution significative de la qualité des foies gras (poids et classement commercial). L'absence d'argile dans l'additif gavage pourrait expliquer ce phénomène de transition alimentaire difficile (Arroyo et al., 2012).

Deux essais ont été réalisés dans l'objectif d'étudier les effets de l'incorporation d'argile dans les aliments d'élevage et/ou gavage sur les performances des oies.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

Deux essais, comprenant 300 oies mâles chacun, ont été réalisés sur le site de la Ferme de l'Oie et du Canard (Coulaures, Dordogne). Dans chaque essai, les oies ont été élevées avec une alimentation sous forme de granulés et un programme alimentaire tel que décrit par Arroyo et al. (2012). Dans l'essai 1, l'aliment croissance-finition (base : 38% blé, 35% maïs, 11% tourteaux de tournesol, 6% tourteaux de soja, 4% tourteaux de colza ; EM : 2850 kcal/ kg, 14,5% PB - 44 à 91 jours) ne contenait pas d'argile (S). Dans l'essai 2, l'aliment était similaire en tout point à celui de l'essai 1 excepté qu'il contenait 2% d'argile (A). Toutes les oies des deux essais ont été gavées (92-103j) suivant la courbe d'ingestion décrite par Arroyo et al. (2012).

Pour chacun des essais, les oies ont été réparties en deux groupes (n=150 jans / groupe) différant par la composition de la pâtée de gavage qui incluait un prémix incorporé à 2% contenant 580 g de bentonite/kg prémix avec (A) ou sans argile (S), les autres constituants de la pâtée étaient similaires. Ainsi, nous décrivons 4 lots se distinguant par la présence ou non d'argile pendant les phases d'élevage (E) et de gavage (G) : SA et SS (Essai 1 - gavage réalisé en octobre), AS et AA (Essai 2 - gavage réalisé en juin ; Figure 1).

A noter, l'argile utilisée dans l'aliment de croissance-finition et dans la pâtée de gavage était de même nature à savoir de la bentonite.

### 1.2. Mesures et contrôles

Les animaux ont été pesés lors de la mise en gavage et à la fin du gavage. Leur consommation de maïs a été enregistrée quotidiennement tout au long de cette période. Après la période de gavage, les animaux ont été abattus, à l'abattoir « Les ateliers De Lavergne (Prats-de-Carlux, Dordogne, France) » où les foies ont été pesés à chaud.

A partir de ces éléments l'Indice de Consommation (IC) ainsi que l'Indice de transformation du maïs en foie gras (ITM) ont été calculés.

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyses statistiques "PASW Statistics 18". Indépendamment, pour chacun des essais, la comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Student. La comparaison des variables discrètes (mortalité) a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Durant le gavage, nous n'avons pas observé d'effet de l'incorporation d'argile sur la mortalité des animaux ( $P > 0,05$ ).

Dans l'essai 1 (sans argile en élevage), les animaux ayant reçu de l'argile en gavage (SA) avaient des poids vifs à l'abattage (7994 g vs. 7862 g,  $P < 0,01$ ) et un gain de poids pendant le gavage (2442 g vs. 2318 g,  $P < 0,001$ ) plus élevés et un meilleur indice de consommation (5,26 vs. 5,56,  $P < 0,01$ ) que ceux des animaux n'ayant pas reçu d'argile (SS). Les autres paramètres mesurés (maïs consommé, poids de foie et Indice de transformation du maïs en foie gras [ITM]) étaient similaires entre les 2 lots (Tableau 1).

Dans l'essai 2 (avec l'argile en élevage), les animaux ayant reçu de l'argile pendant la phase de gavage (AA) ont consommé plus de maïs (12843 g vs. 12755 g,  $P < 0,01$ ), présenté des GP (2468 g vs. 2335 g,  $P < 0,001$ ) et des poids de foies (1109 g vs. 1033 g,  $P < 0,01$ ) plus élevés et des ITM plus faibles (11,98 vs. 12,86 ;  $P < 0,05$ ) que les animaux n'ayant pas reçu d'argile (SS). Les autres paramètres mesurés (poids vif à l'abattage et IC) étaient similaires entre les lots (Tableau 1).

De manière générale, les gains de poids étaient supérieurs lorsque les animaux ont reçu de l'argile pendant la phase de gavage (+5%), indifféremment de l'apport ou non d'argile en élevage. Bien que les différences ne soient pas statistiquement significatives dans tous les cas, l'Indice de Consommation était également numériquement plus faible lorsqu'il y avait ajout d'argile pendant la phase de gavage, indifféremment de l'ajout ou non d'argile pendant la phase d'élevage.

Par ailleurs, on peut remarquer que le poids de foie était numériquement supérieur (1109 g,) et l'ITM était numériquement amélioré (11,98) lorsque les animaux ont reçu de l'argile à la fois pendant les périodes d'élevage et de gavage (AA) par rapport aux trois autres modalités (977 g, 1021 g et 1033 g

respectivement pour les lots SS, SA et AS) mais les périodes d'élevage étant confondues avec les essais, il n'est pas possible de faire une analyse statistique rigoureuse.

Nous formulons l'hypothèse que les améliorations liées à l'argile sont dues à un temps de rétention des aliments au niveau intestinal plus long, une diminution de la viscosité des contenus intestinaux et l'amélioration légère de la digestibilité des matières organiques, comme cela est observé chez le poulet (Ouhida et al., 2000).

## CONCLUSION

L'objectif de ces essais était d'étudier les effets de l'incorporation d'argile dans les aliments d'élevage et/ou gavage sur les performances des oies.

En conclusion, administrée pendant la phase de gavage l'argile améliore significativement le gain de poids, qu'elle soit administrée sur des oies l'ayant reçue ou non pendant la phase de croissance. De plus on remarque que l'incorporation d'argile à la fois pendant les phases d'élevage et de gavage permet d'avoir de meilleurs résultats techniques : poids de foie plus élevé et ITM plus faible. Toutefois cette dernière observation nécessite d'être validée par un essai comprenant les 4 groupes d'animaux en même temps.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

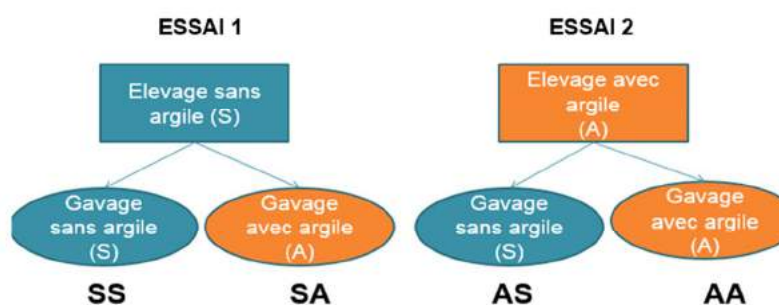
- Arroyo J., Fortun-Lamothe L., Dubois J.P., Lavigne F., Auvergne A. 2012. INRA Prod. Anim. (25), 419-430.  
 Castaing J., Larroudé P. 1999.. 3èmes Journée de la Recherche Avicole, St Malo. 121-124  
 Lavigne F., Dubois J.P., Fortun-Lamothe L., Arroyo J. 2015. 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. Tours, 25-26 Mars 2015. 707-711.  
 Olver M.D. 1997. Brit. Poult. Sci. (38), 220-222.  
 Ouhida I., Perez J.F., Piedrafitia J., Gasa J. 2000. Anim. Feed Sci. Tech. (85), 183-194

**Tableau 1.** Performances des animaux pendant la période de gavage (92-103 j)

	Essai 1		<i>P</i> - value	Essai 2		<i>P</i> -value
	SS	SA		AS	AA	
Poids vif avant gavage (g)	5544 ± 418	5547 ± 414	0,880	5462 ± 454	5438 ± 447	0,287
Maïs consommé (g)	12648 ± 635	12740 ± 327	0,144	12755 ± 313	12843 ± 173	0,108
Poids vif abattage (g)	7862 ± 530	7994 ± 455	0,040	7796 ± 570	7906 ± 530	0,255
GP (g)	2318 ± 299	2442 ± 215	< 0,001	2335 ± 288	2468 ± 346	0,011
IC	5,56 ± 0,82	5,26 ± 0,46	0,001	5,57 ± 0,88	5,36 ± 1,30	0,392
Poids foie (g)	977 ± 202	1021 ± 210	0,102	1033 ± 204	1109 ± 203	0,005
ITM	13,54 ± 3,01	14,30 ± 16,29	0,612	12,86 ± 2,79	11,98 ± 2,32	0,011

S : sans argile ; A : avec argile ; GP : Gain de poids ; IC : Indice de consommation ; ITM : Indice de transformation du maïs en foie gras ;

N =300 animaux par essai – 150 animaux par traitement

**Figure 1.** Schéma expérimental



## EFFICACITE D'UN COMPLEXE ARGILE-ALGUES SUR LA REDUCTION DES PERFORMANCES ET DE LA TOXICITE HEPATIQUE DES MYCOTOXINES CHEZ LE POULET DE CHAIR

**Maria Angeles Rodriguez, Julia Laurain, Maria Garcia Suarez, Sylvain David**

*Olmix group, ZA du haut du bois 56580 Bréhan*

[animalcare.ts@olmix.com](mailto:animalcare.ts@olmix.com)

### RESUME

L'objectif de cette étude était de mesurer l'efficacité, chez le poulet, d'un complexe argiles-algues sur la toxicité individuelle des toxines T-2/HT-2 (2ppm), des fumonisines (100ppm) et des aflatoxines (2,8ppm) sur le foie. L'étude a été réalisée par Samitec Institute au Brésil. Neuf-cent poulets mâles (Cobb 500) étaient répartis en 11 traitements de 6 (essais) à 12 (contrôle) répétitions de 10 animaux par groupe, de 1 à 21 jours d'âge. Les traitements différaient selon la présence ou non de mycotoxines et le niveau d'incorporation du complexe argiles-algues (0,25% ou 0,50%). L'incorporation de 0,50% du complexe argiles-algues dans les rations contenant des mycotoxines a systématiquement et significativement amélioré la consommation alimentaire et le poids vifs des animaux par rapport aux animaux supplémentés avec les mycotoxines seules ( $P \leq 0,05$ ). Dans chaque essai, le poids relatif du foie des animaux nourris avec 0,50% du complexe argiles-algues, était significativement amélioré par rapport aux groupes avec mycotoxines seules mais encore significativement différent du groupe contrôle ( $P \leq 0,05$ ). L'incorporation de 0,50% du complexe argiles-algues dans la ration contenant 2,8ppm d'aflatoxines a significativement amélioré l'indice Lamic/Samitec par rapport au groupe avec aflatoxines seules ( $P \leq 0,05$ ). L'incorporation de 0,25% et 0,50% du complexe argiles-algues dans les rations contenant 100ppm de fumonisines a significativement diminué le ratio Sa:So par rapport au groupe avec fumonisines seules ( $P \leq 0,05$ ). L'incorporation de 0,25% et 0,50% du complexe argiles-algues dans les rations contenant 2,8ppm d'aflatoxines ou 100ppm de fumonisines a significativement amélioré le taux de protéines plasmatiques ( $P \leq 0,05$ ). Les paramètres mesurés montrent que le complexe argiles-algues diminue significativement ( $P \leq 0,05$ ) les effets délétères de très fortes doses de mycotoxines sur le foie et les performances du poulet de chair, sans complètement rétablir les performances et paramètres hépatiques du fait des très fortes contaminations testées.

### ABSTRACT

#### **Efficacy of an algo-clay complex on decreasing mycotoxin liver toxicity on broiler**

The aim of this study was to measure the efficacy, on broiler, of an algo-clay complex on T-2/HT-2 toxins (2ppm), fumonisins (100ppm) and aflatoxins (2.8ppm) individual toxicity on the liver. The study was conducted by Samitec Institute in Brazil. Nine hundred male broiler chickens (Cobb 500) were allocated to 11 treatments with 6 (test) or 12 (control) replicates and 10 animals in each group, from day 1 to day 21. Treatments differed by the presence in mycotoxin and inclusion of the algo-clay complex (0.25 or 0.50%). The inclusion of 0.50% of algo-clay complex in the diets containing mycotoxins always significantly improved the birds feed consumption and body weight compared with those fed with mycotoxins only ( $P \leq 0.05$ ). In each study, the relative weight of the liver (RWL) of the animals that were fed with 0.50% of the algo-clay complex, was significantly improved but different from the control group. The inclusion of 0.50% of algo-clay complex in the diets containing 2.8 ppm of aflatoxins significantly improved the Lamic/Samitec Index compared with those from birds fed with aflatoxins only ( $P \leq 0.05$ ). The inclusion of 0.25% and 0.50% of algo-clay complex in the diets containing 100 ppm of fumonisins diminished significantly the Sa:So compared with those from the birds fed with fumonisins only ( $P \leq 0.05$ ). The inclusion of 0.25% and 0.50% of algo-clay complex in the diets containing aflatoxins and fumonisins significantly improved the level of total plasma proteins ( $P \leq 0.05$ ), also indicating a reduction in liver damage thanks to the algo-clay complex. According to the evaluated parameters, the algo-clay complex significantly decreased ( $P \leq 0.05$ ) the deleterious hepatic effects and performance losses caused by very high levels of 3 types of mycotoxins on broiler, without completely re-establishing performance and hepatic parameters because of the very high level of contamination.



## INTRODUCTION

Les mycotoxines sont des métabolites secondaires principalement produites par des moisissures du genre *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium*. En 2003, la FAO estime que 25% des céréales produites au niveau mondial contiennent des mycotoxines. Les mycotoxines sont des composés très stables durant le stockage mais également au cours des traitements de transformation. Elles sont thermostables et ne sont pas détruites par les procédés technologiques. Les mycotoxines restent donc présentes dans l'aliment « fini », même après la disparition des moisissures (CAST, 2003). La toxicité des mycotoxines est variable en fonction des toxines et des animaux concernés. La sensibilité des volailles aux mycotoxines est désormais bien documentée (AFSSA 2009 ; Andretta *et al.*, 2012). La mise en place de mesures de prévention n'est pas toujours suffisante. Différentes procédures de décontamination ont été explorées (physiques, chimiques et biologiques) avec plus ou moins d'efficacité. L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité d'un complexe argile-algues, utilisé dans un pré-mélange d'additif (PMA), à deux doses, sur la réduction des effets des mycotoxines en poulets de chair. Les trois familles de mycotoxines testées individuellement sont les aflatoxines, les fumonisines et les toxines T-2/HT-2 distribuées à très fortes doses.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1 Schéma expérimental

L'étude a été conduite par l'Institut des Solutions Analytiques, Microbiologiques et Technologiques Samitec (Brésil) en mai 2016. Neuf cent poulets de chair mâles (Cobb 500) de 46,96 grammes ont été répartis de façon aléatoire dans 11 traitements (Tableau 1) avec 6 répétitions pour les groupes aflatoxine et toxine T-2/HT-2 ; et 12 répétitions pour les traitements fumonisines. Chaque répétition était composée de 10 animaux. Les poulets étaient répartis en batteries de 4 cages séparées en 2 parties de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) et 0,33 m de haut. L'essai a été conduit de J1 à J21. Les mycotoxines ont été testées individuellement dans chaque traitement. Les traitements différaient par la contamination en mycotoxines et le niveau d'incorporation du pré-mélange d'additif à base du complexe argile-algues (PMA, commercialisé sous le nom MT.X+, Olmix, France) à 0.25% ou 0.5% distribué de 0 à 21 jours.

**Tableau 1.** Organisation des 11 traitements

Groupe	n	AFLA (ppm)	FUM (ppm)	T-2/HT-2 (ppm)	PMA (%)
Contrôle négatif	120	0	0	0	0
0,50% PMA	60	0	0	0	0.5
AFLA	60	2.8	0	0	0
FUM	120	0	100	0	0
T-2/HT-2	60	0	0	2.0	0
AFLA+0.25%PMA	60	2.8	0	0	0.25
AFLA+0.5%PMA	60	2.8	0	0	0.5

FUM+0.25%PMA	120	0	100	0	0.25
FUM+0.5%PMA	120	0	100	0	0.5
T-2/HT-2+0.25%PMA	60	0	0	0	0.25
T-2/HT-2+0.25%PMA	60	0	0	2	0.5

### 1.2 Aliment

Tous les animaux ont reçu le même traitement, c'est-à-dire le même aliment iso-nutritif de J1 à J21, distribué *ad libitum*. Les jours de pesée les animaux étaient mis à jeun pendant 6 heures. L'aliment a été formulé selon les recommandations NRC 1994 après évaluation des valeurs nutritionnelles des matières premières utilisées. Toutes les matières premières ont fait l'objet d'analyses mycotoxines afin de vérifier l'absence de mycotoxines naturelles, avant d'être contaminée à l'aide de mycotoxines artificielles. Par rapport à d'autres espèces, les poulets sont considérés comme résistants à l'aflatoxine (Guerre *et al.*, 1996) et aux fumonisines (Makun *et al.*, 2010) et plus ou moins sensibles à la toxine T-2/HT-2 (Efsa, 2010 ; Afssa, 2009 ; Agag, 2005). Dans le but d'obtenir des effets significatifs sur les critères de performance et de toxicité hépatique, les contaminations ont volontairement été définies très hautes par rapport à la réglementation (directive 2002/32/CE) sur les maximums autorisés en aflatoxines et aux recommandations en fumonisines et toxine T-2/HT-2 (directive 2006/576/CE et 2013/637/UE). Ainsi, tous les aliments utilisés pour le traitement aflatoxines (AFLA) contenaient 2,8 ppm d'un mélange composé à 93,1% d'aflatoxine B<sub>1</sub>, 2,1% d'aflatoxine B<sub>2</sub>, 3,4% d'aflatoxine G<sub>1</sub> et 0,7% d'aflatoxine G<sub>2</sub>, produit à partir de *Aspergillus parasiticus*. Tous les aliments utilisés pour le traitement fumonisines (FUM), contenaient 100 ppm d'un mélange de fumonisines composé à 73% de fumonisine B1 et 27% de fumonisine B2 produit à partir de *Fusarium moniliforme*. Tous les aliments utilisés pour le traitement toxine T-2/HT-2 (T-2/HT-2) contenaient 2 ppm d'un mélange composé à 82% de toxine T-2 et 18% de toxine HT-2 produit à partir de *Fusarium sporotrichioides*.

### 1.3 Mesures

#### a. Performances zootechniques

L'ingéré et le gain de poids ont été mesurés à J7, J14 et J21.

#### b. Paramètres hépatiques et biologiques

Le poids relatif de foie (PRF : rapport entre le poids du foie et le poids de l'animal, multiplié par 100) a été mesuré à J21. Le rapport entre la sphinganine et la sphingosine (Sa:So, biomarqueur des effets hépatiques de la fumonisine (Voss *et al.*, 2013)) a été mesuré dans le sang pour le traitement FUM à J21 pour tous les animaux. L'indice Lamic/Samitec (LSI) pour l'essai AFLA a été mesuré à J21 pour tous les animaux. Le LSI est une équation prenant en compte le poids relatif et la couleur du foie (différence avec la couleur de référence, le blanc).



LSI = % PRF (100 –  $\Delta E^*ab$ ) avec % PRF = poids relatifs de foie ;  $\Delta E^*ab$  = différence entre la couleur du foie et le blanc mesuré par colorimètre. Pour chaque traitement, 12 foies ont été collectés de façon aléatoire pour illustration visuelle du LSI.

Les protéines plasmatiques totales (PPT) ont été analysées à J21 sur 12 échantillons de sang par technique Biureto's et mesurées avec Thermo Plate Analyzer®.

#### 1.4 Analyses statistiques

Toutes les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance et un test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ) avec le logiciel Statgraphics Centurion XV version 15.1.

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1 Consommation d'aliment

**Tableau 2.** Consommation d'aliment (grammes) par groupe pour chaque traitement à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	1121 <sup>a</sup> (2)	1121 <sup>a</sup> (2)	1121 <sup>a</sup> (2)
0,50% PMA	1125 <sup>a</sup> (2,2)	1125 <sup>a</sup> (2,2)	1125 <sup>a</sup> (2,2)
Mycotoxines	877 <sup>c</sup> (2,1)	1001 <sup>c</sup> (3,3)	1021 <sup>b</sup> (1,3)
Mycotoxines + 0,25% PMA	859 <sup>c</sup> (4,5)	1065 <sup>b</sup> (3)	1032 <sup>b</sup> (0,7)
Mycotoxines + 0,50% PMA	988 <sup>b</sup> (6,3)	1070 <sup>b</sup> (4,6)	1094 <sup>a</sup> (1,3)

(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèses).

Tous les traitements mycotoxines ont diminué la consommation d'aliment des poulets en comparaison du contrôle négatif ( $P \leq 0,05$ ), les résultats sur la consommation d'aliment sont en accord avec des études utilisant des niveaux de contamination similaires (Marchioro *et al.*, 2013 ; Rauber *et al.*, 2012 ; Santurio *et al.*, 1999). L'incorporation de 0,50% de pré-mélange dans les régimes contaminés en mycotoxines a significativement amélioré la consommation d'aliment des poulets comparé à ceux exposés aux mycotoxines seules ( $P \leq 0,05$ ), et a permis une compensation totale des effets négatifs de la contamination en toxines T-2/HT-2. Une étude similaire utilisant 3ppm d'aflatoxines a également mesuré une baisse de consommation d'aliment de -22% par rapport au témoin, néanmoins l'utilisation de 0,50% d'une argile sodique a permis d'améliorer la consommation alimentaire de 6% (Santurio *et al.*, 1999), alors qu'ici l'utilisation de 0,50% de PMA a permis d'augmenter la consommation d'aliment de 12%.

### 2.2 Poids final

Tous les traitements mycotoxines ont diminué le gain de poids des animaux en comparaison du contrôle négatif ( $P \leq 0,05$ , Tableau 3), cet effet est conjointement lié à la baisse de consommation d'aliment mesuré précédemment. Les résultats sur le poids final sont en accord avec des études utilisant des niveaux de contamination similaires (Marchioro *et al.*, 2013 ; Rauber *et al.*, 2012 ; Santurio *et al.*, 1999). L'incorporation de 0,50% de pré-mélange dans les régimes contaminés en mycotoxine a significativement amélioré le poids final des poulets par rapport à ceux exposés uniquement aux mycotoxines, et a complètement

compensé la perte de poids final liée à la contamination en toxines T-2/HT-2 du fait d'une meilleure ingestion (Tableau 2).

**Tableau 3.** Poids final (grammes) par groupe pour chaque traitement à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	762 <sup>a</sup> (9,6)	762 <sup>a</sup> (9,6)	762 <sup>a</sup> (9,6)
0,50% PMA	753 <sup>a</sup> (8,8)	753 <sup>a</sup> (8,8)	753 <sup>a</sup> (8,8)
Mycotoxines	568 <sup>c</sup> (9,5)	676 <sup>c</sup> (13,2)	707 <sup>b</sup> (9,3)
Mycotoxines + 0,25% PMA	584 <sup>c</sup> (8,8)	713 <sup>b</sup> (11,3)	708 <sup>b</sup> (9,4)
Mycotoxines + 0,50% PMA	632 <sup>b</sup> (8,4)	709 <sup>b</sup> (10,8)	749 <sup>a</sup> (9,7)

(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèses).

### 2.3 Paramètres hépatiques

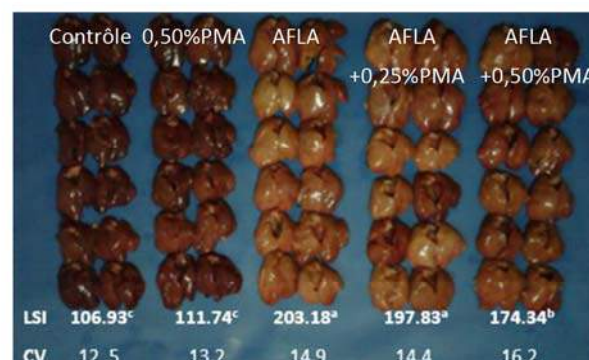
**Tableau 4.** Poids relatifs de foie (%) par groupe pour chaque traitement à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	3,11 <sup>c</sup> (10,9)	3,11 <sup>c</sup> (10,9)	3,11 <sup>a</sup> (10,9)
0,50% PMA	3,14 <sup>c</sup> (11,4)	3,14 <sup>bc</sup> (11,4)	3,14 <sup>a</sup> (11,4)
Mycotoxines	4,81 <sup>a</sup> (13,6)	3,44 <sup>a</sup> (10,8)	2,94 <sup>b</sup> (12,9)
Mycotoxines + 0,25% PMA	4,80 <sup>a</sup> (13,4)	3,28 <sup>b</sup> (9,7)	2,96 <sup>ab</sup> (10,6)
Mycotoxines + 0,50% PMA	4,03 <sup>b</sup> (11,5)	3,25 <sup>b</sup> (8,5)	3,08 <sup>ab</sup> (10,5)

(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèses).

Les poids de foie relatifs (PFR) des poulets exposés aux mycotoxines étaient soit supérieurs (aflatoxines et fumonisines), soit inférieurs (toxines T-2/HT-2) à ceux du contrôle négatif ( $P \leq 0,05$ ). L'incorporation de 0,50% de pré-mélange dans les régimes contaminés en mycotoxine a permis d'améliorer les PFR, de manière à ce qu'ils se rapprochent de la valeur du contrôle négatif. Une étude similaire utilisant 3ppm d'aflatoxines a également mesuré une augmentation du PFR, l'utilisation de 0,50% d'une argile sodique a permis d'améliorer le PFR de 9% (Santurio *et al.*, 1999), alors qu'ici l'utilisation de 0,50% de PMA a permis d'améliorer le PFR de 17%.

**Figure 1.** Indice Lamic/Samitec (LSI) et aspect de 12 foies collectés aléatoirement par groupe (traitement AFLA)





Le LSI moyen des poulets exposés à 2,8 ppm d'aflatoxines était plus élevé que celui du contrôle négatif (+90%,  $P \leq 0,05$ ). L'incorporation de 0,50% de pré-mélange au régime contenant 2,8 ppm d'aflatoxines a significativement diminué le LSI en comparaison des poulets exposés uniquement aux aflatoxines (-14%,  $P \leq 0,05$ ).

**Tableau 5.** Rapport sphinganine-sphingosine (Sa:So), traitement FUM à 21 jours

Traitement	FUM
Contrôle négatif	0,43 <sup>c</sup> (7,4)
0,50% PMA	0,43 <sup>c</sup> (7,2)
Mycotoxines	3,32 <sup>a</sup> (4,6)
Mycotoxines + 0,25% PMA	2,3 <sup>b</sup> (4,1)
Mycotoxines + 0,50% PMA	2,33 <sup>b</sup> (5,7)

(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèses).

Le rapport Sa:So des poulets exposés à 100 ppm de fumonisines était 7,7 fois plus élevé que dans le contrôle négatif ( $P \leq 0,05$ ). Cette valeur est en accord avec les résultats obtenus par d'autres études dans différentes espèces dont le poulet de chair (Antonissen *et al.*, 2015, Rauber *et al.*, 2013 ; Tran *et al.*, 2003 ; Broomhead *et al.*, 2002 ; Henry *et al.*, 2000). L'incorporation de 0,25 ou 0,50% de pré-mélange dans les régimes contenant 100 ppm de fumonisines a significativement diminué le rapport Sa:So en comparaison des poulets exposés à 100 ppm de fumonisines (respectivement -31% et -30%,  $P \leq 0,05$ ), mais reste 5,4 fois supérieure aux témoins.

## 2.4 Biochimie clinique

**Tableau 6.** Protéines plasmatiques totales (PPT ; g/dL) à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	3,44 <sup>a</sup> (10,9)	3,33 <sup>a</sup> (3,33)	3,44 <sup>a</sup> (4,3)
0,50% PMA	3,48 <sup>a</sup> (11,4)	3,36 <sup>a</sup> (3,36)	3,48 <sup>a</sup> (5,2)
Mycotoxines	2,56 <sup>c</sup> (13,6)	2,93 <sup>c</sup> (2,93)	3,32 <sup>a</sup> (3)
Mycotoxines + 0,25% PMA	2,60 <sup>c</sup> (13,4)	3,12 <sup>b</sup> (3,12)	3,37 <sup>a</sup> (3,9)
Mycotoxines + 0,50% PMA	2,86 <sup>b</sup> (11,5)	3,12 <sup>b</sup> (3,12)	3,45 <sup>a</sup> (3,8)

(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèse).

Les protéines plasmatiques totales (PPT) sont un indicateur d'un mauvais fonctionnement hépatique et de la présence de toxines dans le foie. Ainsi, les PPT des poulets exposés à 2,8 ppm d'aflatoxines ou à 100 ppm de fumonisines étaient diminuées par rapport au contrôle négatif ( $P \leq 0,05$ ). Aucune différence significative n'a été observée en présence de toxines T-2/HT-2. L'incorporation de 0,25 ou 0,50% de pré-mélange dans les régimes contaminés en mycotoxines a significativement amélioré les niveaux de PPT ( $P \leq 0,05$ ), sans les rapprocher des niveaux des témoins.

## CONCLUSION

L'effet de chaque mycotoxine sur les performances et les paramètres hépatiques du poulet de chair obtenus dans cette étude sont significatifs et en accord avec d'autres études similaires (Marchioro *et al.*, 2013 ; Rauber *et al.*, 2012 ; Santurio *et al.*, 1999). L'aflatoxine est la mycotoxine qui a provoqué les plus fortes dégradations des paramètres étudiés par rapport au groupe contrôle. L'ajout de PMA à un aliment fortement contaminé en aflatoxines (2,8 ppm) a systématiquement permis d'améliorer les paramètres étudiés mais n'a pas permis de rétablir les performances du groupe contrôle. Néanmoins, l'ajout de 0,50% de PMA semble plus efficace que 0,50% d'argile sodique (Santurio *et al.*, 1999) pour réduire l'effet de 2,8 ppm d'aflatoxines. Aussi l'ajout de 0,50% de PMA a permis de réduire l'impact des fumonisines sur le rapport Sa:So de façon significative, bien que la valeur reste supérieure au témoin. L'absence d'étude similaire utilisant une forte dose de T-2/HT-2 n'a pas permis de confronter les résultats, néanmoins l'incorporation de PMA a permis de significativement améliorer les performances, sans toutefois rétablir le PPT. D'après les résultats obtenus, l'ajout de PMA dans un aliment poulet de chair contaminé en mycotoxines semble une bonne alternative pour réduire l'impact des mycotoxines sans complètement rétablir les performances et paramètres hépatiques du fait des très fortes contaminations testées.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afssa, 2009. Evaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires. pp 308
- Ass. Univ. Bull. Environ. Res. Vol. 8 No. 2, October 2005
- Agag. 2005. Mycotoxins in food and feed: 5-Trichothecenes A-T-2 Toxin Andretta I, Kipper M, Lehnen C.R, Lovatto P.A, 2012. Poultry Science 91 :376-38
- Antonissen G, Croubels S, Pasmans F, Ducatelle R, Eechaut V et al. Fumonisin affect the intestinal microbial homeostasis in broiler chickens, predisposing to necrotic enteritis Veterinary Research (2015) 46:98 DOI 10.1186/s13567-015-0234-8
- Broomhead J.N., Ledoux D.R., Bermudez A.J. & Rottinghaus G.E. 2002. Chronic effects of Fumonisin B1 in broilers and turkeys fed dietary treatments to market age. Poult. Sci. 81:56-61.

CAST, 2003. Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human systems. Council of Agricultural Science and Technology, CAST, Ames, IA. Task Force Report No.

EFSA Panel on Additives and Products or Substances used in Animal Feed (FEEDAP); Statement on the establishment of guidelines for the assessment of additives from the functional group 'substances for reduction of the contamination of feed by mycotoxins', EFSA Journal, 2010, vol. 8 pg. 8

Food and Agriculture Organization (2004) Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003. FAO Food and Nutrition Paper 81. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy

Henry M.H., Wyatt R.D. & Fletcher O.J. 2000. The toxicity of purified Fumonisin B1 in broiler chicks. Poult. Sci. 79:1378-1384.

Makun, H.A, Anjorin, S.T., Moronfoye, B., Adejo, F.O., Afolabi, O.A., Fagbayibo, G., Balogun, B.O. and Surajudeen, A.A. (2010). Fungal and aflatoxin contaminations of some human food commodities in Nigeria. African Journal of Food Sciences. 4 (4): 127 – 135

Rauber RH, Oliveira MS, Mallmann AO, Dilkin P, Mallmann CA, Giacomini LZ, Nascimento VP (2013) Effects of fumonisin B1 on selected biological responses and performance of broiler chickens. Pesqui Vet Brasil 33:1081–1086

Tran S.T., Bailly J.D., Tardieu D., Duran S., Bernard G. & Guerre P. 2003. Sphinganine to sphingosine ratio and predictive biochemical markers of fumonisin B1 exposure in ducks. Chemico-Biological Interaction 146:61-72.

Voss K, Riley R. 2013. Fumonisin Toxicity and Mechanism of Action: Overview and Current Perspectives. Food Safety Vol. 1 (2013) No. 1 p. 2013006



# EFFICACITÉ D'UN COMPLEXE ARGILE-ALGUES SUR LA RÉDUCTION DES PERFORMANCES ET DE LA TOXICITÉ HÉPATIQUE DES MYCOTOXINES CHEZ LE POULET DE CHAIR



RODRIGUEZ Maria-Angeles, LAURAIN Julia, GARCIA SUAREZ Maria, DAVID Sylvain

OLMIX SA – ZA du haut du bois - 56580 Bréhan, France, animalcare.ts@olmix.com

## INTRODUCTION

La toxicité des mycotoxines est variable en fonction des toxines et des animaux concernés. La sensibilité des volailles aux mycotoxines est désormais bien documentée (AFSSA 2009 ; Andretta *et al.*, 2012). Différentes procédures de décontamination ont été explorées (physiques, chimiques et biologiques) avec plus ou moins d'efficacité. L'objectif de cette étude est de tester l'efficacité d'un complexe argile-algues, utilisé dans un pré-mélange d'additif (PMA), à deux doses, sur la réduction des effets des mycotoxines en poulets de chair. Les trois familles de mycotoxines testées individuellement sont les aflatoxines (AFLA), les fumonisines (FUM) et les toxines T-2/HT-2 distribuées à très fortes doses.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'étude a été conduite par l'Institut des Solutions Analytiques, Microbiologiques et Technologiques Samitec (Brésil). 900 poulets de chair mâles (Cobb 500) ont été répartis de façon aléatoire dans 11 traitements (Tableau 1). L'essai a été conduit de J1 à J21. Les mycotoxines ont été testées individuellement dans chaque traitement. Les traitements différaient par la contamination en mycotoxines et le niveau d'incorporation du pré-mélange d'additif à base du complexe argile-algues (PMA, commercialisé sous le nom MT.X+, Olmix, France) à 0,25% ou 0,5% distribué de 0 à 21 jours.

Tableau 1. Organisation des 11 traitements

Groupe	n	AFLA (ppm)	FUM (ppm)	T-2/HT-2 (ppm)	PMA (%)
Contrôle négatif	120	0	0	0	0
0,50% PMA	60	0	0	0	0,5
AFLA	60	2,8	0	0	0
FUM	120	0	100	0	0
T-2/HT-2	60	0	0	2,0	0
AFLA +0,25% PMA	60	2,8	0	0	0,25
AFLA +0,5% PMA	60	2,8	0	0	0,5
FUM +0,25% PMA	120	0	100	0	0,25
FUM +0,5% PMA	120	0	100	0	0,5
T-2/HT-2 +0,25% PMA	60	0	0	0	0,25
T-2/HT-2 +0,5% PMA	60	0	0	2,0	0,5



## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Tableau 2. Consommation d'aliment (grammes) par groupe pour chaque traitement à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	1121 <sup>a</sup> (2)	1121 <sup>a</sup> (2)	1121 <sup>a</sup> (2)
0,50% PMA	1125 <sup>a</sup> (2,2)	1125 <sup>a</sup> (2,2)	1125 <sup>a</sup> (2,2)
Mycotoxines	877 <sup>b</sup> (2,1)	1001 <sup>b</sup> (3,3)	1021 <sup>b</sup> (1,3)
Mycotoxines +0,25% PMA	859 <sup>b</sup> (4,5)	1065 <sup>b</sup> (3)	1032 <sup>b</sup> (0,7)
Mycotoxines +0,5% PMA	988 <sup>b</sup> (6,3)	1070 <sup>b</sup> (4,6)	1094 <sup>b</sup> (1,3)

Tableau 3. Poids final (grammes) par groupe pour chaque traitement à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	762 <sup>a</sup> (9,6)	762 <sup>a</sup> (9,6)	762 <sup>a</sup> (9,6)
0,50% PMA	753 <sup>a</sup> (8,8)	753 <sup>a</sup> (8,8)	753 <sup>a</sup> (8,8)
Mycotoxines	568 <sup>b</sup> (9,5)	676 <sup>b</sup> (13,2)	707 <sup>b</sup> (9,3)
Mycotoxines +0,25% PMA	584 <sup>b</sup> (8,8)	713 <sup>b</sup> (11,3)	708 <sup>b</sup> (9,4)
Mycotoxines +0,5% PMA	632 <sup>b</sup> (8,4)	709 <sup>b</sup> (10,8)	749 <sup>b</sup> (9,7)

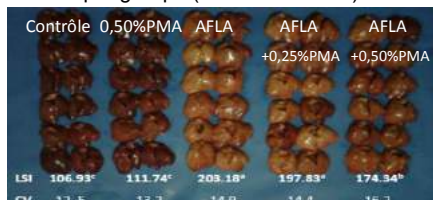
Tableau 4. Poids relatifs de foie (%) par groupe pour chaque traitement à 21 jours

Traitement	AFLA	FUM	T-2/HT-2
Contrôle négatif	3,11 <sup>a</sup> (10,9)	3,11 <sup>a</sup> (10,9)	3,11 <sup>a</sup> (10,9)
0,50% PMA	3,14 <sup>a</sup> (11,4)	3,14 <sup>a</sup> (11,4)	3,14 <sup>a</sup> (11,4)
Mycotoxines	4,81 <sup>b</sup> (13,6)	3,44 <sup>b</sup> (10,8)	2,94 <sup>b</sup> (12,9)
Mycotoxines +0,25% PMA	4,80 <sup>b</sup> (13,4)	3,28 <sup>b</sup> (9,7)	2,96 <sup>b</sup> (10,6)
Mycotoxines +0,5% PMA	4,03 <sup>b</sup> (11,5)	3,25 <sup>b</sup> (8,5)	3,08 <sup>b</sup> (10,5)

(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèse).

L'effet de chaque mycotoxine sur les performances et les paramètres hépatiques du poulet de chair obtenus dans cette étude sont significatifs et en accord avec d'autres études similaires (Marchioro *et al.*, 2013 ; Rauber *et al.*, 2012 ; Santurio *et al.*, 1999). L'aflatoxine est la mycotoxine qui a provoqué les plus fortes dégradations des paramètres étudiés par rapport au groupe contrôle. L'ajout de PMA à un aliment fortement contaminé en aflatoxines a systématiquement permis d'améliorer les paramètres étudiés. Aussi, l'ajout de 0,50% de PMA semble plus efficace que 0,50% d'argile sodique (Santurio *et al.*, 1999) pour réduire l'effet de 2,8 ppm d'aflatoxines.

Figure 1. Indice Lamic/Samitec (LSI) et aspect de 12 foies collectés aléatoirement par groupe (traitement AFLA)



(a-c : les moyennes d'une colonne ayant des lettres différentes diffèrent par le test de Bonferroni ( $P \leq 0,05$ ), les coefficients de variation figurent entre parenthèse).

L'ajout de 0,50% de PMA a permis de réduire l'impact des fumonisines sur les performances et sur le rapport Sa:So de façon significative. L'incorporation de PMA face à une forte contamination de T-2-HT-2 a permis de significativement rétablir les performances d'ingestion et de croissance et d'améliorer les paramètres hépatiques.

## CONCLUSION

D'après les résultats obtenus, l'ajout de PMA dans un aliment poulet de chair contaminé en mycotoxines semble une bonne alternative pour réduire l'impact des mycotoxines sans complètement rétablir les performances et paramètres hépatiques du fait des très fortes contaminations testées.

## L'AJOUT D'UNE ASSOCIATION D'EXTRAITS VEGETAUX SCUTELLARIA ET CURCUMA FAVORISE L'EFFICACITE ALIMENTAIRE DU POULET ENTRE 1 ET 21 JOURS

**PANHELEUX-LEBASTARD Marina, MIREAUX Mélanie**

*GROUPE CCPA - ZA du Bois de Teillay - 35150 JANZE,  
[mpanheleux@groupe-ccpa.com](mailto:mpanheleux@groupe-ccpa.com)*

### RÉSUMÉ

Dans un contexte de démedicalisation, les ingrédients à visée anti-oxydante et anti-inflammatoire ont fait l'objet de nombreuses investigations avec des bénéfices démontrés sur la santé. Cette étude a pour objectif de mesurer les effets, sur la croissance et l'efficacité alimentaire du poulet de chair, d'une association d'extraits de plantes : *Scutellaria baicalensis* et *Curcuma* aux propriétés anti-oxydantes et anti-inflammatoires reconnues. Trois groupes de 8 répétitions de 4 poulets ROSS 308 mâles ont été mis en essai pendant 35 jours. Ils recevaient soit l'aliment témoin, soit l'aliment témoin supplémenté avec une association de vitamine E (100 ppm) et sélénium (0,2 ppm), soit l'aliment témoin avec l'association d'extraits végétaux : *Scutellaria* et *Curcuma*. Les performances zootechniques: poids, gain de poids, consommation d'aliment et indice de consommation ont été mesurés à chaque transition alimentaires. Les performances de croissance étaient identiques entre les groupes aux différentes phases. L'efficacité alimentaire a été statistiquement améliorée dans le groupe «*Scutellaria* et *Curcuma* » sur la période démarrage et croissance comparativement au groupe témoin ( $p=0,006$ ). Le groupe ayant consommé l'association vitamine E et sélénium montre des résultats intermédiaires aux deux autres traitements. L'ajout d'extraits de plantes améliore significativement l'IC de poulets entre 1 et 21 jours, en conditions expérimentales. Les propriétés anti-oxydantes et anti-inflammatoires des extraits végétaux sélectionnés influencent le métabolisme au bénéfice de l'efficacité alimentaire.

### ABSTRACT

#### **The addition of *Scutellaria* and curcuma plant extracts improve the feed efficiency of broiler chickens**

In the context of antibiotic reduction, anti-oxidant and anti-inflammatory ingredients have been widely investigated and proven to bring health benefits. The objective of this study was to evaluate the effects of a combination of plant extracts (*Scutellaria baicalensis* and *Curcuma*) with recognized anti-oxidant and anti-inflammatory properties on growth and feed efficiency of broilers. Three groups of 8 replicates with 4 ROSS 308 male chickens were fed during 35 days with the control diet, the control diet supplemented with the combination of vitamin E (100 ppm) and selenium (0.2 ppm) or the control diet supplemented with the combination of plant extracts (*Scutellaria* and curcuma). The zootechnical performances: body weight, average daily gain, feed consumption and feed conversion ratio were measured at each feed change. There was no difference between the groups in terms of growth performance. Feed conversion ratio was statistically improved in the "*Scutellaria* and *Curcuma*" group during the start-up and growth period compared to the control group ( $p = 0.006$ ). The vitamin E and selenium association treatment intermediate between the two other treatments. The addition of plant extracts significantly improved the feed conversion ratio of chickens between 1 and 21 days under experimental conditions. The antioxidant and anti-inflammatory properties of the selected plant extracts influenced the metabolism by improving the feed conversion ratio.

## INTRODUCTION

La démedicalisation des filières avicoles nécessite un accompagnement multiple via la conduite sanitaire (vaccination, biosécurité ...), les techniques d'élevage et la nutrition. La prévention est le pilier principal de la démarche visant à diminuer l'utilisation des antibiotiques en élevage. Les travaux de T. Niewold ont permis d'améliorer les connaissances scientifiques sur les antibiotiques et leur mode d'action démontrant notamment les effets anti-inflammatoires des antibiotiques facteurs de croissance (Niewold, 2007).

Parallèlement, l'intérêt pour les ingrédients ayant des propriétés anti-inflammatoires et anti-oxydantes a fait l'objet de nombreux travaux depuis l'arrêt des facteurs de croissance antibiotiques. Parmi les antioxydants bien connus et leurs cofacteurs, nous pouvons citer la vitamine E et le sélénium. Des travaux ont démontré qu'un apport simultané de vitamine E et de sélénium influence les performances des poulets (Okolelova et al., 2006) et ce d'autant plus favorablement que les animaux subissent un stress. Le statut immunitaire des poulets est amélioré ainsi que la stabilité oxydative (Ozkan et al., 2007) via un apport simultané de vitamine E et sélénium.

Les extraits naturels de plantes font également l'objet de nombreuses recherches pour leurs activités anti-oxydantes et anti-inflammatoires (Gonzalez-Gallego, 2007; Seven et al., 2011). Le curcuma est un extrait de plante dont les bénéfices antioxydants (Ruby et al., 1995) et anti-inflammatoires sont bien documentés. *Scutellaria baicalensis* est également décrite pour son impact négatif sur la production de cytokines pro-inflammatoires (Liu et al., 2008). L'utilisation conjointe des 2 extraits *Curcuma* et *Scutellaria baicalensis* dans l'alimentation de poulets ayant subi un « challenge salmonellose » permet de réduire l'inflammation digestive de poulets (Varmuzova et al., 2015) au bénéfice des performances.

Le présent essai vise à investiguer l'effet de cette même association d'extraits végétaux sur la croissance et l'efficacité alimentaire de poulets standards dans un contexte non challengé (station expérimentale). Une comparaison avec un apport d'antioxydants sera réalisée.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux

Cet essai a été réalisé en respectant les recommandations du comité de bien-être animal (Région Pays de Loire).

96 poulets mâles Ross 308 ont été répartis en trois groupes de 8 cages (avec 4 poussins/cage) et élevés jusqu'à 35 jours.

### 1.2. Alimentation et paramètres mesurés

Les animaux ont reçu des aliments formulés sur les mêmes niveaux nutritionnels dans tous les groupes. Les aliments sont distribués *ad libitum*. 3 phases ont été distinguées : démarrage entre 0 et 10 jours, croissance entre 11 et 21 jours puis finition entre 22 et 35 jours. Les formules sont présentées dans le tableau 1.

L'aliment témoin (Témoin) a été supplémenté soit avec une association de vitamine E (100 ppm) et de sélénium (0,2 ppm) (VitE+Se), soit d'extraits végétaux : *Scutellaria baicalensis* et *Curcuma* (Scut+Cur). Ils ont été incorporés dans des prémélanges sur support blé (0.2%) en substitution de 0.2% de cette matière première.

Les animaux ont été pesés à J1, J10, J21 et J 35. Les gains moyens quotidiens (GMQ) ont été calculés par période. Les consommations ont été mesurées aux mêmes âges afin de calculer l'indice de consommation.

La mortalité a été relevée quotidiennement.

### 1.3 Statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS (IBM SPSS Statistics version 19). Les moyennes ont été comparées par analyse de variance (modèle linéaire général univarié).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

Les effets des mélanges « vitE+Se » d'une part et de « Scut+Cur » d'autre part, comparativement au groupe témoin, sont présentés dans le tableau 2.

La mortalité n'a pas différé entre les groupes.

La consommation journalière moyenne sur l'ensemble de l'essai n'a pas différé entre les groupes (106,7, 102,9 et 105,2 g/j dans les groupes « témoin », « VitE+Se » et « Scut+Cur » respectivement,  $p=0,448$ ).

Les poids finaux à J35 sont respectivement de 2371g, 2317g et 2389g dans les groupes « témoin », « VitE+Se » et « Scut+Cur ».

Dans le contexte de cette étude, à savoir en conditions expérimentales favorables non challengées (densité faible, contexte sanitaire favorable ...), la supplémentation n'a impacté que très faiblement la croissance des poulets. Ce résultat conforte l'idée que l'efficacité zootechnique d'une supplémentation est dépendante du statut immunitaire des animaux sur lesquels ils sont utilisés (Oswald et al., 2013).

L'indice de consommation (IC) est par contre statistiquement amélioré ( $p=0,006$ ) durant les périodes de démarrage et croissance dans le groupe « Scut+Cur » (1,309) par rapport au groupe « témoin » (1,348) et le groupe « VitE+Se » (1,326) est intermédiaire. Cet écart en faveur du groupe



« Scut+Cur » reste marqué, mais non significatif, jusqu'à la fin de la période finition (IC=1,602, 1,585 et 1,569 dans les groupes « témoin », « VitE+Se » et « Scut+Cur » respectivement).

La réponse des poulets à l'ajout d'antioxydants seuls (groupe « VitE+Se ») est intermédiaire entre le groupe témoin et le groupe « Scut+Cur » suggérant un moindre impact des phénomènes oxydatifs chez les jeunes animaux (Robert et al., 2010) que des phénomènes inflammatoires.

L'ingestion de « Scut+Cur » a permis d'améliorer significativement l'efficacité alimentaire des poulets. Une action anti-inflammatoire au niveau de la muqueuse digestive et un impact indirect sur la microflore digestive sont probables en accord avec Vamuzova et al., 2015. Cette étude a effectivement mis en évidence l'augmentation de populations bactériennes favorables à la santé digestive dans des ceaca des poulets inoculés avec *Salmonella enteritidis* et ayant ingéré l'association d'extraits végétaux. Une moindre activation de gènes pro-inflammatoires a également été mise en évidence.

## CONCLUSION

L'utilisation d'extraits naturels de *Scutellaria baicalensis* et *Curcuma* impacte favorablement l'indice de consommation de poulets en démarrage-croissance suggérant des phénomènes inflammatoires sous-jacents lors de cette première phase de croissance, y compris dans un contexte sanitaire favorable.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Gonzalez-Gallego J., 2007. Nutr. Hosp. (22) 287-293.
- Liu L., Gong L., Wang H., Xiao Y., Wu X.F, Zhang Y.H, Xue X., Qi X.M., Ren J., Biochem. Pharmacology, (75) 914-922.
- Niewold T., 2007. Poult. Sci., (86), 605-9.
- Okolelova T.M., Grigorieva E.N., Nollet L., 2006. In : Proc XII European Poultry Conference, Verona, Italy.
- Özkan S., Basmacioğlu Malayoğlu H., Yalçın S., Karadaş S. Koçtürk M., Çabuk G., Oktay S., Özdemir, E. Özdemir, and M. Ergül, 2007. Brit. Poult. Sci., (48), 580-593.
- Robert F., Panheleux M., Gouin O., Bal D., 2010. XIIIth European Poultry Conference, Tours, pp. 1836-1841.
- Ruby, A.J., G. Kuttan and K.D. Babu, 1995. Cancer Lett., (94) 79-83.
- Seven, I., P.T. Seven, and S. Silici. 2011. Revue Médecine Vétérinaire. 162:186-191.
- Varmuzova K., Matulova M.E., Gerzova L., Cejkova D., Gardan-Salmon D., Panhéleux M., Robert F., Sisak F., Havlickova H., Rychlick I., 2015. Poult Sci., 94(9):2049-2058.

**Tableau 1. Formulation et normes nutritionnelles des aliments témoin.**

	Démarrage 1-10 jours	Croissance 11-21 jours	Finition 22-35 jours
<b>Ingrédients (g/kg)</b>			
Blé	186,0	350,4	350,1
Maïs	400,2	316,0	334,0
Tourteau de soja	344,0	263,0	239,0
Huile de soja	5,0	16,0	27,0
Bicarbonate de sodium	1,0	1,1	1,2
Phosphate bi calcique	19,2	15,6	12,9
Carbonate de calcium	6,4	8,0	6,2
Sel	2,8	2,8	2,7
Méthio 15/blé 85	19,5	13,7	12,7
L-lys 20/blé 80	6,8	6,1	6,7
Thréo 10/blé 90	5,1	3,3	3,5
Prémix	4,0	4,0	4,0
<b>Nutriments calculés (g/kg)</b>			
Energie (MJ/kg)	11,92	12,35	12,76
Protéines	214,4	184,8	174,9
Amidon	390,5	427,1	436,7
Lysine	12,7	10,5	10,0
Calcium	10,0	9,5	8,0
Phosphore assimilable	4,5	4,0	3,5

**Tableau 2. Effet d'une supplémentation en « vit E+Se » ou en « Scut+Cur » sur les performances de poulets à 21 et 35 jours.**

	Groupe expérimental			p
	Témoin (n=8)	VitE+Se (n=8)	Scut+Cur (n=8)	
<b>Poids fin (g)</b>				
21 jours	1041,5± 20,3	1030,2± 20,3	1061,3± 20,3	0,558
35 jours	2371,3± 51,6	2316,9± 51,6	2389,5± 51,6	0,594
<b>1-21 jours</b>				
GMQ	47,7±0,97	47,2±0,97	48,7±0,97	0,558
CMJ	64,4±1,2	62,5±1,2	63,7±1,2	0,526
IC	1,348±0,008 <b>b</b>	1,326±0,008 <b>ab</b>	1,309±0,008 <b>a</b>	<b>0,006</b>
<b>22-35 jours</b>				
GMQ	95,0±3,05	91,9±3,05	94,9±3,05	0,725
CMJ	170,3±4,3	163,6±4,3	167,4±4,3	0,557
IC	1,795±0,046	1,790±0,046	1,775±0,046	0,954
<b>1-35 jours</b>				
GMQ	66,6±1,47	65,1±1,47	67,1±1,47	0,594
CMJ	106,7±2,1	102,9±2,1	105,2±2,1	0,448
IC	1,602±0,025	1,585±0,025	1,569±0,025	0,659

## IMPACTS D'UNE SUPPLEMENTATION EN ANTIOXYDANTS DANS L'EAU DE BOISSON CHEZ LE POULET DE CHAIR

Engler Paul<sup>1</sup>, Fleury Roselyne<sup>2</sup>, Marcelot Nathalie<sup>2</sup>, Chicoteau Pierre<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NOR-FEED - 3 rue Amedeo Avogadro 49070 Beaucouzé,

<sup>2</sup>MERIAL - 23 rue du Prieuré 44150 Saint Herblon  
[paul.engler@norfeed.net](mailto:paul.engler@norfeed.net)

### RÉSUMÉ

Les travaux présentés ici ont été conçus afin d'étudier l'effet d'une supplémentation en antioxydants dans l'eau de boisson (extrait de raisin standardisé riche en polyphénols et sélénium) chez le poulet de chair autour de la vaccination et déterminer s'il procure à l'organisme des moyens de limiter les dégâts oxydatifs engendrés. Un premier essai, réalisé en station expérimentale (France), comparait les performances zootechniques et les paramètres sanguins (statut antioxydant, dosages enzymatiques, dégâts oxydatifs, balance oxydative hydrophile) d'un lot de poulets témoin (46 animaux) avec un lot ayant reçu la supplémentation en antioxydants dans l'eau de boisson pendant 5 jours autour de la vaccination (46 animaux). Un deuxième essai, réalisé en ferme commerciale (Tunisie, période : été), comparait les performances zootechniques (gain de poids, mortalité) et la couleur de la viande (couleurs L\*a\*b\*) d'un lot témoin (14000 poulets) avec un lot ayant reçu le même protocole de supplémentation que l'essai précédent (14000 poulets). Les résultats du premier essai ont montré un impact positif de la supplémentation sur les paramètres sanguins à court terme (baisse de la balance oxydative hydrophile,  $p < 0,001$ , augmentation de la glutathion peroxydase,  $p < 0,10$ , diminution des protéines oxydées,  $p < 0,10$ ) et long terme (augmentation de la capacité antioxydante totale hydrophile,  $p < 0,05$ ). Le deuxième essai a démontré une amélioration de la croissance autour de la vaccination ( $p < 0,001$ ) chez le lot traité ainsi qu'une augmentation significative de l'indice de jaune et de rouge dans les cuisses de poulets du lot traité ( $p < 0,001$  et  $p < 0,05$  respectivement). Les résultats démontrent l'intérêt d'une telle supplémentation en antioxydants dans l'eau de boisson autour de la vaccination en impactant positivement la croissance des poulets en élevage intensif et en agissant sur la balance oxydative hydrophile à court terme. Elle se traduit également par des défenses antioxydantes plus élevées à long terme et une viande plus colorée.

### ABSTRACT

#### Impacts of a supplementation with antioxidants in the drinking water in broiler

The present study was carried out in order to evaluate the effects of a commercial supplementation (standardized grape extract rich in polyphenols and selenium) in the drinking water of broilers around the vaccination period and assess its potential effect against oxidative stress. A first trial was set up in an experimental farm (France) where two 46-chickens groups, a control group and a supplemented group (5 days of supplementation around the vaccination process) were compared (zootechnical performances and blood parameters such as antioxidant status, antioxidant enzymes, oxidative damages and hydrophilic oxidative balance). A second trial was carried out in a commercial farm (Tunisia, summer time), where two 14000-chickens groups (same design as the first trial) were compared (growth, mortality and meat L\*a\*b\* colors). Results from the first trial evidenced a positive impact of the supplementation on the blood parameters on a short (reduced hydrophilic oxidative balance,  $p < 0,001$ , glutathione peroxidase increase,  $p < 0,10$ , reduction of oxidized proteins,  $p < 0,10$ ) and a long term (increased total hydrophilic antioxidant status,  $p < 0,05$ ). Moreover, the second trial showed increased growth for the supplemented group and a significant increase of the yellow and red index of the thighs meat ( $p < 0,001$  and  $p < 0,05$  respectively). These results thus demonstrate the benefits of such a supplementation in the drinking water around vaccination time by impacting positively the chickens' growth in intensive farming and acting on the hydrophilic oxidative balance in a short term. It also results in an increase of antioxidant defenses on the long term and a more colorful meat.

## INTRODUCTION

La vaccination des volailles est une étape clé de la prévention des maladies en élevage. Cet événement, en provoquant une réponse immunitaire, est aussi susceptible d'entraîner un stress oxydatif chez l'animal (Amadori et al. 2009). Celui-ci correspond à un déséquilibre entre composés pro-oxydants et défenses antioxydantes (Kalyanaraman, 2013), et est étroitement lié au système immunitaire et à l'état inflammatoire. Des recherches ont démontré l'impact de la vaccination sur les défenses antioxydantes et l'apparition de dommages oxydatifs chez plusieurs espèces (Al-Khafaji, 2012, Ramos, 2010, Tkachenko, 2014). Des travaux ont également montré les propriétés antioxydantes des polyphénols, métabolites secondaires des plantes, ainsi que du sélénium (Havsteen, 2002; Kieliszek, 2016). Les travaux présentés ici ont été mis en place pour étudier l'effet d'une supplémentation de l'eau de boisson en antioxydants (extrait de raisin standardisé riche en polyphénols et sélénium) chez le poulet de chair autour de la vaccination et de déterminer s'il procure à l'organisme des moyens de limiter les dommages oxydatifs engendrés.

## 1. MATERIELS ET METHODES

Afin d'étudier l'effet d'une supplémentation commerciale riche en antioxydants, deux essais furent mis en place. Un premier essai fut réalisé en station expérimentale (France) dans des conditions optimales et un deuxième en situation réelle dans un élevage commercial en Tunisie en période estivale.

### 1.1. Premier essai – station expérimentale

92 poussins Cobb 500 de 1 jour étaient répartis de manière aléatoire en deux groupes de 46 individus chacun, le groupe contrôle (CTL<sub>F</sub>) et le groupe traité (AOX<sub>F</sub>), recevant le même aliment complet commercial à volonté.

La mortalité était mesurée pendant toute la durée de l'essai et les animaux de chaque groupe étaient pesés individuellement à 13, 20, 27 et 35 jours d'âge. A J14, les animaux des deux lots étaient vaccinés contre la bronchite infectieuse par goutte dans l'œil (Gallivac IB88, MERIAL). Les poulets du lot AOX<sub>F</sub> étaient supplémentés par ajout de 4 galets effervescents du composé antioxydant de 25 grammes pour 1000 litres d'eau de boisson pendant 5 jours, de J13 à J17.

A J17 et J35, soit respectivement 3 et 20 jours après vaccination, des prélèvements sanguins étaient réalisés sur 8 animaux par groupe afin de mesurer la capacité antioxydante hydrophile (CATH), les niveaux d'enzymes antioxydantes, à savoir la superoxyde dismutase (SOD) et la glutathion peroxydase (GPx), ainsi que le niveau d'oxydation des protéines (PROTOX) et la balance oxydative hydrophile (BOH, rapport PROTOX/CATH)

### 1.2. Deuxième essai – ferme commerciale

Afin de mesurer l'effet d'une telle supplémentation en conditions réelles d'élevage, un deuxième essai, fut réalisé dans une ferme commerciale en Tunisie (période : été).

28000 poussins Arbor étaient répartis aléatoirement en deux lots de 14000 animaux chacun (CTL<sub>T</sub> et AOX<sub>T</sub>) dans deux bâtiments conjoints, nourris avec le même aliment complet commercial distribué à volonté.

La mortalité était mesurée pendant toute la durée de l'essai et 270 animaux par groupe étaient pesés à 7, 14, 21, 28 et 35 jours de vie.

Le protocole de supplémentation du lot AOX<sub>T</sub> était le même quand celui de l'essai précédent, mais de J6 à J10 avec vaccination à J10.

Après abattage, 45 filets et 45 cuisses d'animaux étaient prélevés par groupe. L'évolution de la couleur de ces morceaux de viandes était appréhendée par mesure de la réflectance en utilisant le référentiel L\*a\*b\* et le pH ultime était mesuré avec un pH-mètre après avoir laissé la viande reposer pendant 24h.

### 1.3. Analyses statistiques

Les analyses statistiques (ANOVA et t-test de Welch) des résultats étaient réalisées en utilisant le logiciel R (v. 3.3.0).

## 2. RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Premier essai – station expérimentale

Les poulets issus des groupes CTL<sub>F</sub> et AOX<sub>F</sub> n'ont pas montré de différence de croissance significative lors des différentes pesées.

L'analyse des prises de sang effectuées à J17 a montré une augmentation tendancielle de la GPx dans le groupe AOX<sub>F</sub> ( $p < 0,10$ , Tableau 1). La supplémentation tend également à limiter l'oxydation des protéines ( $p < 0,10$ , Tableau 1). De même, la balance oxydative hydrophile des animaux du lot AOX<sub>F</sub> était significativement moins élevée que celle du lot CTL<sub>F</sub> ( $p < 0,001$ , Tableau 1).

A J35, les analyses n'ont pas montré de différence significative d'expression de la GPx entre les deux groupes. En revanche l'analyse de la CATH a mis en évidence une capacité antioxydante hydrophile significativement plus élevée chez les poulets du lot AOX<sub>F</sub>, 20 jours après la supplémentation ( $p < 0,05$ , Tableau 2). D'autre part, la différence de la proportion de protéines oxydées entre le lot AOX<sub>F</sub> et CTL<sub>F</sub> n'était pas significative (3,09 vs. 4,07 nmol/mg de protéine, ns., Tableau 2).

### 2.2. Deuxième essai – Ferme commerciale

Les mesures de poids des poulets lors de cet essai ont montré un impact significatif de la supplémentation.

En effet, le poids des animaux du groupe AOX<sub>T</sub> tendait à être plus élevé à J7 et était significativement plus important à J14 que pour le lot CTL<sub>T</sub> (Tableau 3). A l'issu de ce deuxième essai, il n'y avait pas de différence significative entre le poids des poulets du groupe AOX<sub>T</sub> et celui des animaux du groupe CTL<sub>T</sub> ainsi que sur la mortalité cumulée (3,36% vs. 3,47%, ns.).

La mesure du pH ultime ainsi que l'étude de la couleur des filets de poulet n'ont pas montré de différence significative entre les échantillons des deux lots. En revanche, l'analyse des paramètres L\*a\*b\* des cuisses de poulets prélevées a mis en évidence une différence de coloration entre les deux lots. Ainsi, les cuisses issues des poulets du groupe AOX<sub>T</sub>, ayant reçu la supplémentation en antioxydants, possédait des indices de jaune et de rouge significativement plus élevés que celles issues des poulets non-supplémentés (p<0,001 et p<0,05 respectivement, Tableau 4).

### 2.3. Discussion générale

Le premier essai, réalisé dans des conditions optimales n'a pas mis en évidence de différence de croissance significative entre les lots. En revanche, les observations tirées des prises de sang réalisées à quelques jours après la vaccination montrent un impact significatif de la supplémentation sur la balance oxydative hydrophile des poulets par rapport à des animaux non traités. Ces derniers tendent en effet à avoir un moins bon niveau de défenses antioxydantes (GPx) et un plus haut taux de dommages oxydatifs (PROTOX) que des poulets supplémentés. En outre, la supplémentation utilisée semble avoir stimulé les défenses antioxydantes sur le long terme comme en témoignent les résultats des prises de sang montrant une capacité antioxydante totale hydrophiles significativement plus élevée dans le groupe AOX<sub>F</sub>, 20 jours après la vaccination.

Les améliorations des performances de croissance autour de la supplémentation dans le deuxième essai, montrent son intérêt dans le cadre de conditions d'élevages réelles, soumises à différents facteurs de stress tels que production intensive ou température

élevée. Les effets de ces facteurs sur l'apparition d'un stress oxydatif chronique ont en effet été étudiés dans de nombreux travaux (Aurousseau, 2002, Kalyanaraman, 2013). Or, l'apparition d'un facteur de stress physiologique supplémentaire que peut représenter la vaccination est susceptible d'accentuer la pression oxydative au sein de l'organisme et de le faire basculer dans une situation de stress oxydatif aigu, affectant les différents composés cellulaires (ex : protéines), et pouvant entraîner un impact négatif sur les performances de croissance des animaux (Lykkesfeldt, 2007 ; Niki 2010).

L'apport d'une supplémentation en antioxydants autour de cette période de stress physiologique que peut représenter la vaccination, tend donc à augmenter les défenses antioxydantes de l'animal et garantir une meilleure protection des composants cellulaires comme montré ici, dans le premier essai en améliorant significativement la balance oxydative hydrophile par rapport à un lot non traité.

Enfin, l'amélioration de la couleur de la viande des poulets ayant reçu la supplémentation dans le deuxième essai peut être mise en regard de l'augmentation des défenses antioxydantes totale hydrophiles sur le long terme observées 20 jours après la vaccination lors du premier essai.

Ces résultats montrent donc qu'une bonne gestion d'un épisode susceptible d'induire un stress oxydatif important chez l'animal est primordiale et peut avoir des effets à long terme sur ses défenses antioxydantes ainsi que ses produits dérivés.

### CONCLUSION

Les résultats démontrent l'intérêt d'une telle supplémentation en antioxydants dans l'eau de boisson autour de la vaccination en impactant positivement la croissance des poulets en élevage intensif et en agissant sur la balance oxydative hydrophile à court terme. Elle se traduit également par des défenses antioxydantes plus élevées à long terme et une viande plus colorée.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al- Khafaji W., 2012, Iraqi Journal of Veterinary Sciences, Vol. 26, No. 1, 2012 (15-19)
- Amadori M. et al, 2009, Italian Journal of Animal Science, (8:sup1), 287-299
- Aurousseau B., 2002, INRA Prod. Anim, (15), 67-82.
- Havsteen B.H., 2002, Pharmacology & Therapeutics (96) 67–202
- Kalyanaraman B., 2013, Redox Biology (1) 44–257
- Kieliszek M., 2016, Molecules (21) 609
- Lykkesfeldt J., 2007, The Veterinary Journal (173), 502–511
- Niki E., 2010, Free Radic Biol Med. (49, 4), 503-15
- Ramos A., 2010, Veterinary Immunology and Immunopathology 133 (2010) 16–24
- Tkachenko H, 2014, Fish Physiol Biochem (2014) 40:1289–1300

**Tableau 1.** Paramètres sanguins des poulets à J17 lors de l'essai 1.

Paramètre	GPx (U/g Hg)	CATH ( $\mu$ mol Eq Trolox)	PROTOX (nmol/mg protéine)	BOH (PROTOX/CATH)
CTL <sub>F</sub>	378	13	5,45	0,406
AOX <sub>F</sub>	408	14	3,94	0,279
p-value (t-test)	<0,10	ns.	<0,10	<0,001

**Tableau 2.** Paramètres sanguins des poulets à J35 lors de l'essai 1.

Paramètre	GPx (U/g Hg)	CATH ( $\mu$ mol Eq Trolox)	PROTOX (nmol/mg protéine)	BOH (PROTOX/CATH)
CTL <sub>F</sub>	273	238	4,07	0,017
AOX <sub>F</sub>	263	361	3,09	0,009
p-value (t-test)	ns.	<0,001	ns.	ns.

**Tableau 3.** Poids moyen (g) des poulets lors de l'essai 2.

Date de pesée	J7	J14	J21	J28	J35
CTL <sub>T</sub>	169	425	668	1198	1624
AOX <sub>T</sub>	173	443	685	1269	1627
p-value (ANOVA)	<0,10	<0,001	ns.	<0,10	ns.

**Tableau 4.** Paramètres moyens de la couleur des cuisses de l'essai 2

Groupe	L*	a*	b*
CTL <sub>T</sub>	58,8	11,9	9,0
AOX <sub>T</sub>	58,5	12,5	10,8
p-value (t-test)	ns.	<0,001	<0,05

# IMPACT DES QUANTITES D'ALIMENT DISTRIBUEES AU DEBUT DU GAVAGE ET DE L'ADDITIF UTILISE EN GAVAGE SUR LES PERFORMANCES DES CANARDS MULARDS IGP

Lavigne Franck<sup>1</sup>, Mondoux Cédric<sup>1</sup>, Fortun-Lamothe Laurence<sup>2</sup>, Arroyo Julien<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ASSELDOR - La Tour de Glane – 24420 COULAURES

<sup>2</sup>GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 CASTANET-TOLOSAN

[julien.arroyo@live.fr](mailto:julien.arroyo@live.fr)

## RÉSUMÉ

Une meilleure maîtrise des transitions (logement, alimentation) entre les différentes phases de production peut contribuer à améliorer le bien-être des animaux d'élevage mais aussi la rentabilité des ateliers de production répondant au cahier des charges IGP. Dans ce contexte, l'objectif de l'essai porte sur les stratégies d'alimentation au cours du gavage en utilisant deux leviers d'action : les quantités d'aliment distribuées au début du gavage (pas d'augmentation de la dose distribuée pendant 36h) et la nature des additifs incorporés à la pâtée de gavage. Pour cela, 288 canards ont été mis en gavage et répartis dans 24 cases de manière à respecter l'homogénéité des poids initiaux (6 blocs de 4 cases de 12 canards). Les animaux ont été divisés en 3 lots différant dans la courbe de gavage et l'additif incorporé dans l'alimentation : courbe standard avec additif du commerce (groupe T) ; courbe dite en « béquille » sans augmentation de la dose pendant 36h avec additif du commerce (groupe BA) ou courbe en « béquille » sans augmentation de la dose pendant 36h en utilisant l'aliment finition comme additif (groupe BF). A la fin du gavage, les canards ont été abattus après 10 h de jeûne pour mesurer les performances de foie gras et de magret. Pour des poids vifs à la mise au gavage équivalents (4440 g), les animaux des lots BA et BF ont reçu 434 g de maïs en moins que les animaux du groupe T. Le gain de poids et le poids vifs des animaux à l'abattage sont significativement plus faibles dans le groupe BF respectivement -18% et -4%. La mortalité était équivalente entre les 3 modalités testées. Les foies étaient 19% moins lourds (535 g vs. 660 g) et moins jaune (-9%) dans le lot BF que ceux dans les groupes T et BA. Les autres paramètres mesurés (taux de fonte, L\*, a\*, poids de muscle et peau du magret) sont similaires entre les 3 modalités. En conclusion, l'utilisation de l'aliment de finition comme additif n'est pas probante (pénalisation des résultats par rapport aux 2 autres lots) même si les performances sont très proches des objectifs commerciaux (550 g).

## ABSTRACT

### Impact of food quantities distributed at the beginning of overfeeding and the additive used, on the performance of IGP mule ducks

Better control of the transitions (housing, feeding) between the different phases of production can contribute to improving the welfare of farmed animals but also the profitability of the production workshops meeting the IGP specifications. In this context, the objective of the trial is to study feeding strategies during overfeeding using two levers of action: diet quantities distributed at the beginning of overfeeding (no increase in the dose distributed for 36h) and the kind of additives incorporated in overfeeding mixture. For this, 288 ducks were put into overfeeding and distributed in 24 pens so as to respect the homogeneity of the initial weights (6 blocks of 4 pens of 12 ducks). The animals were divided into 3 batches differing in the feeding curve and the additive incorporated in the diet: standard curve with commercial additive (group T); So-called "crutch" curve without increasing the dose for 36 hours with commercial additive (group BA) or "crutch" curve without increasing the dose for 36 hours using the finishing feed as an additive (group BF). At the end of the overfeeding, the ducks were slaughtered after 10 h of fasting to measure the quality of foie gras and duck breast. The animals in the BA and BF batches received 434g less corn than the animals in group T. The weight gain and the live weight of the animals at slaughter were lower in the BF group respectively -18% and -4%. Mortality was equivalent between the three modalities tested. The livers were 19% lighter (535 g vs. 660 g) and less yellow (-9%) in the BF batch than those in the T and BA groups. The other parameters measured (melting rate, L \*, a \*, muscle weight and breast skin) were similar between the 3 modalities. In conclusion, the use of finishing diet as an additive is not convincing (penalization of the results compared to the other 2 groups), even if the performance using the finishing diet even if the performance is very close to the commercial objectives (550 g) while reducing the quantity of food required.

## INTRODUCTION

L'importance de la conduite du gavage, en particulier la gestion de la progression de la consommation quotidienne, est primordiale pour obtenir des poids et des qualités de foie optimum. Une progression classique (pour les canards mulards : 15 à 20 g/repas) ne permet pas la maîtrise pondérale des foies gras et favorise leur hétérogénéité (intra et inter-lots). De nombreux essais montrent que le potentiel des animaux est exprimé par des progressions rapides (+ 25 g/repas) avec des maxima de distribution modérés (440 à 460 g/repas). Ce type de courbe de gavage amène à produire régulièrement, dans des conditions optimales, des foies pesant environ 700 g (Auvergne 1992 ; Auvergne et al., 1995) et une réduction de la durée de gavage (-2 repas i.e. 21 vs 23 repas) n'induirait qu'une diminution de 35-65 g sur le poids de foie. Par ailleurs, il a été montré que le taux de fonte est plus élevé pour les foies les plus lourds (>600 g ; Marie-Etancelin et al., 2011). L'ensemble des progrès (génétique, technologie, alimentation) réalisés par la filière ces dernières années, permet aujourd'hui d'envisager de diminuer l'intensité du gavage tout en respectant les objectifs de production, en abaissant le taux de fonte, et en respectant le nombre de repas minimum imposé par le cahier des charges IGP (n= 21). Lavigne et al (2015) ont montré qu'une alimentation à dose constante pendant les premières 36h de gavage permet de produire des foies qui satisfont la demande des distributeurs (550g), d'améliorer le classement commercial des foies et de diminuer leur taux de fonte. De plus la prise en compte de l'impact des transition alimentaire, aussi bien en quantité qu'en nature, entre la phase d'élevage-gavage semble être un levier d'action pour diminuer la mortalité des animaux au cours du gavage (Arroyo, 2012 ; Arroyo et al., 2012).

L'objectif de cet essai est de continuer à explorer cette stratégie alimentaire pendant le gavage basée sur une transition alimentaire entre la phase d'élevage et de gavage moins brutale en utilisant deux leviers d'action : les quantités d'aliment distribuées au début du gavage et la nature des additifs incorporés dans la pâtée de gavage.

## 1. MATERIELS ET METHODES

### 1.1. Animaux et schéma expérimental

Lors de la mise en gavage, 288 canards ont été répartis en 24 parcs au sol (6 blocs de 4 loges de 12 canards), sur la base de leur poids vif (même moyenne, même écart-type). Trois modalités expérimentales ont été mises en œuvre et considèrent des stratégies d'alimentation

au cours du gavage différant sur la nature de l'additif inclus dans la pâtée de gavage à hauteur de 3% : courbe dites standard avec additif du commerce (vitamines ; A: 180000 UI/kg; D3: 50000 UI/kg; E: 2250 UI/kg; B1: 100 mg/kg; K3: 200 mg/kg; C: 1,170 mg/kg et minéraux ; CuSO<sub>4</sub>: 667 mg/kg, ZnO: 3,600 mg/kg; SeSO<sub>4</sub>: 74.00 mg; Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>: 13,5 mg/kg, Argile bentonite : 580 g/kg ; manufacturé par Sanders à Château-Gontier, Mayenne, France) et un mélange 30% maïs grain – 70% farine de maïs (groupe Témoin) ; courbe sans augmentation de la quantité distribuée pendant les 36 premières heures de la phase de gavage (c'est-à-dire 250g / repas pendant les 3 premiers repas ; courbe dite en « béquille » : BA) avec additif du commerce ; courbe « béquille » sans augmentation de la dose pendant 36h avec comme additif, l'aliment finition (EMAn 2900 kcal/kg, 15% Protéines Brutes ; groupe BF). Les courbes de gavage étaient en 23 repas avec une courbe théorique « témoin » prévoyant l'utilisation d'une quantité totale de maïs de 9410 g et une courbe « béquille » en prévoyant 9010 g (Figure 1). La quantité d'eau utilisée pour réaliser les pâtes de gavage était ajustée quotidiennement.

### 1.2. Mesures et contrôles

Les animaux ont été pesés individuellement à la mise en gavage (84j) et à l'issue du gavage après 10h de jeûne. La quantité d'aliment reçu pendant la durée du gavage a été mesurée pour chaque animal (repas distribué ou non distribué). Après l'abattage, les performances de foies et le poids de magret (peau et muscle) ont été mesurés. Par la suite, le taux de fonte à la cuisson (Théron et al., 2013) a été mesuré ainsi que la couleur des foies grâce à un chromamètre (CR 300, Minolta).

### 1.3. Analyses statistiques

Les données ont été analysées au moyen de la procédure GLM du logiciel d'analyse statistiques "PASW Statistics 18" avec l'effet lot comme effet fixé. La comparaison des moyennes de l'ensemble des valeurs a été réalisée grâce au test de Duncan. La comparaison des variables discrètes (mortalité) a été réalisée grâce au test du Khi 2. Les moyennes sont considérées comme statistiquement significatives si  $P < 0,05$ .

## 2. RESULTATS

La pâtée de gavage réalisée avec l'aliment finition utilisé comme additif (lot BF) ont eu des propriétés technologiques différentes (viscosité, fluidité et capacité d'hydratation) de celles rencontrées habituellement (Lavigne, résultats non publiés) avec l'additif du commerce. Ainsi, la quantité d'eau nécessaire pour la préparation de la pâtée était plus



élevée, et des phénomènes de décantation/séparation de phase ont été observés pendant le gavage. Cela a demandé une vigilance accrue pour la conduite du gavage pour que chaque animal reçoive la dose prévue.

La mortalité au cours du gavage était équivalente entre les 3 modalités testées (1/288).

Le poids vif des animaux au moment de la mise en gavage était similaire dans les 3 lots (4440 g). Les animaux des lots BA et BF ont reçu 434 g de maïs en moins que les animaux du lot Témoin ( $P < 0,001$ ). Le gain de poids et le poids vifs des animaux au moment de l'abattage étaient significativement plus faibles dans le lot BF que dans les 2 autres lots avec respectivement -18%,  $P > 0,001$  et -4%,  $P = 0,008$  ; Tableau 1.

Les foies du lot BF étaient plus légers (-19%) et moins jaunes (-9% ; Tableau 2) que ceux des deux autres lots. Les autres paramètres mesurés (taux de fonte,  $L^*$ ,  $a^*$ , poids de muscle et peau du magret) étaient similaires entre les 3 modalités.

## DISCUSSION – CONCLUSION

Le but de ce travail était de tester l'intérêt d'une meilleure gestion des transitions alimentaires entre les phases d'élevage et de gavage afin de trouver des leviers d'action pour améliorer le bien-être des animaux, de réduire les quantités d'aliment utilisée tout en produisant des foies dont le poids rentre dans la gamme attendue par les conserveurs et en respectant les cahiers des charges IGP en terme de nombre de repas (21 repas de gavage min.). Cet essai fait suite aux travaux de Lavigne et al. (2015 et 2017b) sur la stratégie alimentaire en gavage, et les transitions alimentaires entre les phases d'élevage et de gavage (Lavigne et al., 2017a).

Nos résultats montrent que la stratégie alimentaire qui consiste à offrir une quantité d'aliment constante pendant les premières 36h de la phase de gavage ne dégrade pas le poids du foie seulement si l'additif incorporé dans la pâtée est un additif spécial gavage. En effet, l'hypothèse était que l'utilisation de l'aliment finition comme additif de

gavage avait comme double intérêt de diminuer les coûts de l'additif et de permettre d'avoir une transition alimentaire avec la phase de finition. Cependant d'après ces résultats, même si les performances sont très proches des objectifs commerciaux (550 g), l'utilisation de l'aliment de finition comme additif à hauteur de 3% n'est pas probante (pénalisation des résultats par rapport aux 2 autres lots). Nous faisons l'hypothèse que ce résultat est majoritairement dû à la mauvaise tenue (viscosité, fluidité et capacité d'hydratation) des pâtées de gavage. Les additifs de gavage ont comme objectif de maintenir une homogénéité entre les doses de gavage et d'améliorer leur viscosité. Ce paramètre est également un facteur affectant la vitesse du transit digestif des animaux qui est un élément majeur expliquant les différences pondérales du foie. La vitesse de transit des animaux du lot avec l'aliment finition de par le différentiel de viscosité a entraîné des vitesses de digestion des pâtées plus grande que chez les animaux ayant reçu l'additif gavage.

Nos résultats suggèrent, avec l'utilisation d'un additif spécifique pour le gavage, que la période d'alimentation à quantité constante pourrait être prolongée de 2 ou 3 repas supplémentaires afin d'obtenir des foies répondant à la demande des distributeurs (550g). Toutefois, ces résultats ne pourront être obtenus que dans des conditions optimales de production c'est-à-dire avec un niveau optimal de développement et de préparation des animaux pendant la phase d'élevage.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des financeurs (fonds CASDAR, FEDER, FEADER, CIFO, Conseil Régional d'Aquitaine et Conseil départemental de la Dordogne) ayant soutenu cette étude issue du programme de recherche appliquée et de démonstration sur les palmipèdes et leur environnement du G.I.S. PALMIPOLE (INRA-ITAVI-CEPSO-ASSELDOR) ainsi que l'ensemble du personnel de la Ferme de l'oie et du canard pour la réalisation de cette étude.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroyo J., 2012. Thèse de doctorat. INP Toulouse, France. 331p.  
 Arroyo J., Fortun-Lamothe L., Dubois J.P., Lavigne F., Auvergne A. 2012. INRA Prod. Anim. (25), 419-430.  
 Auvergne A. 1992 Thèse Docteur d'État INP Toulouse, France 252 p.  
 Auvergne A., Babile R., Bouillier-Oudot M., Manse H., Latil G., 1995. XII European symposium on the quality of poultry meat. Zaragoza, Spain. 181-188  
 Lavigne F., Dubois J.P., Babilé R., Arroyo J. 2015. 11èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras. 799-801.

- Lavigne F., Molette C., Bouillier-Oudot M., Arroyo J., Bonnefont C.M.D. 2017a. Effet des transitions alimentaires, entre l'élevage et le gavage, sur les performances des canards mulards 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras.
- Lavigne F., Molette C., Bouillier-Oudot M., Arroyo J., Manse H., Bonnefont C.M.D. 2017 - Etude de la mise en place de la variabilité de la qualité du foie au cours du gavage : approche cinétique. 12èmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras.
- Marie-Etancelin C., Basso, B., Davail, S., Gontier, K., Fernandez, X., Vitezica, Z.G., Bastianelli D., Baéza E., Bernadet M.D., Guy G., Brun J.M., Legarra A. 2011. J. Anim. Sci. (89), 669-679.
- Theron, L., Bouillier-Oudot, M., Marie-Etancelin, C., Bonnefont, C., Fernandez, X., Molette, C. 2013. INRA Prod. Anim, (26), 415-424.

**Tableau 1.** Performance des animaux pendant et après le gavage

	Modalités			ESM	P-value
	Témoin	BA	BF		
Poids mise en gavage (g)	4439	4440	4440	0,4	1,000
Maïs sec consommé en gavage (g)	9385 <sup>a</sup>	8962 <sup>b</sup>	8939 <sup>b</sup>	1,1	< 0,001
Gain poids (g)	1926 <sup>a</sup>	1786 <sup>a</sup>	1530 <sup>b</sup>	1,6	< 0,001
Poids vif abattage (g)	6432 <sup>a</sup>	6360 <sup>a</sup>	6162 <sup>b</sup>	0,5	0,008

ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

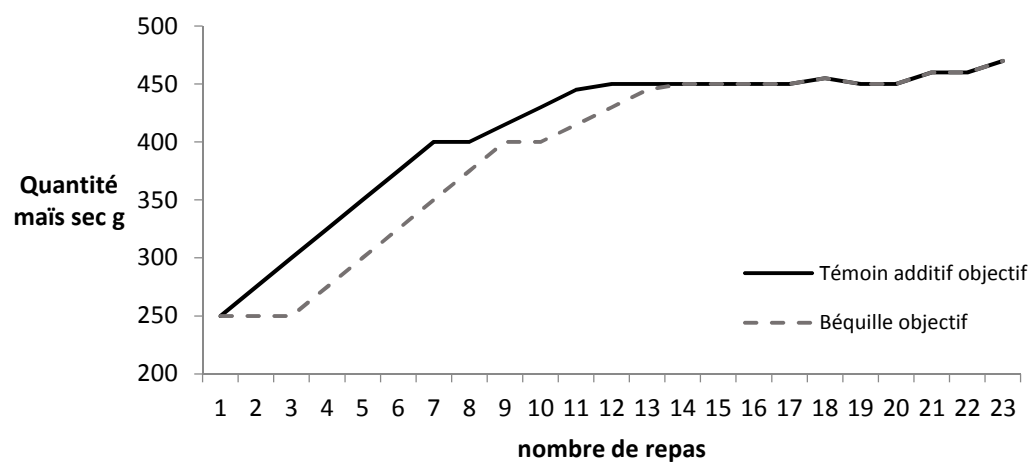
**Tableau 2.** Qualité des produits obtenus

	Modalités			ESM	P-value
	Témoin	BA	BF		
Poids de foie (g)	664 <sup>a</sup>	655 <sup>a</sup>	535 <sup>b</sup>	0,2	< 0,001
Fonte (%)	15	18	12	0,0	0,211
Couleur					
L* (luminance)	63,9	63,7	64,4	0,01	0,439
a* (rouge)	15,0	14,9	14,2	0,01	0,165
b* (jaune)	37,0 <sup>a</sup>	37,6 <sup>a</sup>	34,1 <sup>b</sup>	0,01	0,001
Poids muscle pectoral (g)	309	317	310	0,1	0,408
Poids peau magret (g)	209	201	195	0,1	0,065

ESM : Erreur-standard à la moyenne

Sur une même ligne, les moyennes affectées du même indice ne sont pas différentes entre elles au seuil P = 0,05

Figure 1. Courbes de gavage théoriques



## EFFET D'UN APPORT DE TRYPTOPHANE SUR LA CROISSANCE ET LE COMPORTEMENT DE LA CAILLE

**Yildirim Arda<sup>1,2</sup>, Kraïmi Narjis<sup>2</sup>, Constantin Paul<sup>2</sup>, Mercierand Frédéric<sup>3</sup>, Leterrier Christine<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Department of Animal Science, Agriculture Faculty, Gaziosmanpaşa University,  
60250 TOKAT, Turquie*

<sup>2</sup> *UMR85 Physiologie de la Reproduction et des Comportements, INRA, CNRS, IFCE, Université de  
Tours, Centre Val de Loire, 37380 NOUZILLY, France*

<sup>3</sup> *UE PEAT, INRA, Centre Val de Loire, 37380 NOUZILLY, France*

[Christine.Leterrier@inra.fr](mailto:Christine.Leterrier@inra.fr)

### RESUME

Des apports importants de tryptophane (Trp) dans l'alimentation peuvent réduire des comportements délétères chez les poules pondeuses, sans que l'on sache si cet effet est généralisable à d'autres espèces. D'autre part, le Trp peut être utilisé par certaines bactéries pour la synthèse de composés indoliques aux effets délétères sur le comportement de l'hôte, c'est pourquoi nous avons fait l'hypothèse qu'un probiotique pourrait éviter les effets défavorables attribuables aux composés indoliques et améliorer l'effet du Trp. Nous avons donc étudié si une forte supplémentation de Trp (2 % de l'aliment) et/ou avec un probiotique avaient un impact sur le comportement chez la caille dans un dispositif factoriel. Les 120 cailles ont été assignées à 4 traitements : Témoin (0,29 % de Trp dans l'aliment), Trp (2% de Trp dans l'aliment), Pro (aliment témoin, probiotique dans la boisson), Trp-Pro (2 % de Trp et probiotique dans l'eau). Nous avons mesuré le poids, la motivation sociale et la réactivité émotionnelle. Le poids est significativement réduit par l'apport de Trp jusqu'à 41 jours ( $P < 0,05$ ), et l'effet probiotique sur le poids n'est pas significatif. La motivation sociale mesurée lors d'un test de regroupement n'est modifiée par aucun des deux facteurs, mais elle tend à être réduite chez les cailles recevant du Trp (lots Trp et Trp-Pro) lors de l'isolement social ( $P = 0,06$ ). L'apport de Trp augmente la réactivité émotionnelle mesurée dans le test d'open-field ( $P < 0,05$ ), mais le Trp et le probiotique sont sans effet sur l'immobilité tonique. En conclusion, l'apport de Trp, sans doute trop élevé dans cette espèce, a des effets défavorables qui ne sont pas modulés par l'apport du probiotique.

### ABSTRACT

#### **Effect of Tryptophan supplementation on growth and behaviour in quail**

High Tryptophan (Trp) supplementation has been shown to reduce deleterious behaviour in laying hens, however this effect is not established in other species. Moreover, Trp may be used by bacteria for the synthesis of indolic compounds that have negative consequence on host behaviour, and we hypothesized that probiotics (Pro) may avoid these negative effects of indolic compounds and emphasize the effect of Trp. We investigated whether a supplementation with Trp (2% of the diet) and/or a probiotic would influence live weight and behaviour in Japanese quails. Quails ( $n = 120$ ) were assigned to 4 treatments in a  $2 \times 2$  factorial arrangement: Témoin (Control diet: 0.29 % Trp in the diet), Trp (2% of Trp in the diet), Pro (Control diet and probiotic in water), Trp-Pro (Trp and Pro supplementation). We investigated their influence on body weight, social motivation and emotional reactivity. Body weight was significantly impaired by Trp supplementation (Trp and Trp-Pro groups) up to 41 d ( $P < 0.05$ ), while the treatment Pro had no effect on body weight. Social motivation measured in the reinstatement test was influenced nor by Trp neither by Pro supplementation, but it tended to be reduced in quails fed with Trp (Trp and Trp-Pro groups) in the isolation test ( $P = 0.06$ ). Trp increased emotional reactivity in the open-field tests ( $P < 0.05$ ), but Trp and Pro had no effect on tonic immobility. As a conclusion, in quail, this supplementation was probably too high for this species and it had a negative effect on growth and social motivation, without modulation by probiotic supplementation.

## INTRODUCTION

Le tryptophane (Trp), acide aminé essentiel pour les monogastriques, joue de nombreux rôles dans la nutrition et la physiologie, particulièrement la prise alimentaire, les fonctions neurologiques et l'immunité. De plus, il est un précurseur de la sérotonine (5-hydroxytryptamine, 5-HT), de la mélatonine et de la niacine. La sérotonine est un médiateur de l'axe intestin-cerveau qui agit comme neurotransmetteur, régule la motilité et les sécrétions gastro-intestinales, intervient dans la modulation du sommeil, de l'humeur, de l'appétit et de la cognition, et intervient dans de nombreuses maladies neurologiques. Chez l'oiseau, le Trp peut affecter le comportement *via* la régulation sérotoninergique. Des supplémentations en Trp ont permis de réduire l'agressivité et les réponses de stress chez des animaux de ferme (Savory et al, 1999 ; Crozo et al, 2005 ; Koopmans et al, 2005 ; Poletto et al, 2010) et de réduire le picage chez des poules pondeuses (van Hierden et al, 2004).

Cependant, certaines bactéries peuvent utiliser le Trp pour produire de l'indole et des composés indoliques (propionate et acétate d'indole) (Nowak et al, 2008). Or, ces composés indoliques seraient des médiateurs de l'axe intestin-cerveau qui favorisent les comportements d'anxiété (Crumeyle-Arias et al, 2014). Nous avons donc fait l'hypothèse qu'un apport de probiotiques permettrait d'éviter cet effet négatif de l'indole synthétisé par les bactéries du tube digestif sur les comportements. Les probiotiques sont des préparations microbiennes ou des composants de cellules microbiennes qui ont un effet bénéfique sur la santé et qui peuvent, entre autre, réduire l'absorption de certaines substances toxiques telles que l'indole (Marco et al, 2006).

Pour étudier l'effet d'un apport de Trp sur le comportement des oiseaux d'élevage, nous nous sommes basés sur la concentration de 2% dans l'aliment, concentration utilisée par van Hierden et al (2004) pour réduire le picage chez les poules pondeuses. Pour éviter d'éventuels effets sur la sécrétion d'indole, nous avons croisé cet apport avec l'apport d'un probiotique. Pour cela, nous avons utilisé comme modèle d'étude la caille japonaise car le comportement de peur et le comportement social sont particulièrement bien caractérisés dans cette espèce.

## MATERIEL ET METHODES

Le protocole a été évalué et approuvé par le comité d'éthique Centre Val de Loire (ref. 2015-19).

A l'éclosion, 120 cailleaux ont été répartis en 4 groupes de 30 cailleaux recevant un aliment enrichi ou non en Trp et/ou du probiotique dans l'eau de boisson : Témoin, Trp (2,00% de Trp dans l'aliment), Pro ( $1 \times 10^9$  cfu/L d'eau de boisson de *Pediococcus acidilactici*, Bactocell ME®, Lallemand), Trp-Pro (Tryptophane et Probiotique). Le probiotique a été choisi parce que des effets sur le comportement des cailles ont déjà été montrés (Parois, 2014). Les deux aliments (Témoin à 0,29% de Trp et expérimental à 2,00% de Trp) étaient iso-énergétiques et iso-protéiques (EM = 3000 kcal ; PB = 22%). Ils sont composés des mêmes matières premières et l'écart de Trp entre les deux aliments (1,71%) est apporté sous forme de Trp de synthèse.

Chaque groupe est réparti dans 3 cages de 10 cailleaux jusqu'à 21 jours d'âge. A 3 semaines d'âge, les mâles et les femelles sont répartis dans des cages différentes (2 cages de 7 à 8 cailles par sexe et par groupe). Les programmes de température et d'éclairage sont standards. L'eau et l'aliment sont fournis *ad-libitum*.

Les animaux sont pesés chaque semaine et la fente cloacale est mesurée à J34 et J48 pour observer les effets sur le développement qui pourraient interférer avec les comportements.

### Comportement social

La motivation sociale est mesurée entre J14 et J16. Chaque cailleau est placé sur un tapis roulant immobilisé, à distance d'un groupe de cinq autres cailleaux maintenus dans une cage grillagée. Quand le cailleau s'approche de ses congénères, le tapis roulant est déclenché et maintient le cailleau à une distance d'environ 30 cm de ses congénères. La distance ainsi parcourue pendant un test de 5 minutes (DistSR) permet de quantifier la motivation sociale de l'animal.

La réaction à l'isolement social est mesurée à J22-24. L'animal est placé seul dans une boîte remplie de copeaux qu'il connaît car il y a séjourné précédemment en groupe. Les déplacements lors de l'isolement (DistIso) sont mesurés avec un logiciel de trajectométrie (EthoVision, Noldus, ND). Les animaux sociaux sont très perturbés dans ce test et font de nombreux déplacements le long des parois en appelant leurs congénères.

La motivation sexuelle est mesurée à 51 jours chez les mâles en utilisant le dispositif du tapis roulant et en mesurant la distance parcourue (DistSexR) pendant 5 minutes pour rejoindre un groupe de 3 femelles du même âge.

### Réactivité émotionnelle

Elle a été évaluée par un test d'immobilité

tonique à l'âge de 7 ou 8 jours et un test d'open-field à J28-29. Lors du test d'immobilité tonique, l'animal est maintenu sur le dos pendant 10 secondes et on mesure le temps qu'il met à se redresser, c'est-à-dire la durée d'immobilité tonique qui représente la propension de l'animal à exprimer des comportements de peur. Le test est arrêté au bout de 300 s et de 5 essais pour induire ce comportement.

Le test d'open-field a été effectué à 28 et 29 jours d'âge dans une arène de 80 x 80 x 50 cm. Ce test permet de mesurer la réactivité émotionnelle des animaux qui, placés au centre de cette arène inconnue, se déplacent d'autant moins vers la périphérie qu'ils ont peur, alors que les animaux moins peureux se déplacent davantage et explorent la périphérie de l'arène. La distance parcourue dans les différentes parties de l'arène est analysée automatiquement avec un logiciel de trajectométrie (Ethovision XT 7 Noldus Technology, Wageningen, The Netherlands).

### Analyses statistiques

L'unité statistique est l'animal. Les données normales ont été analysées au moyen d'une ANOVA à deux facteurs (effet du Trp, effet du probiotique) au moyen du logiciel XLSTAT (2015). Un test LSD-Fisher a ensuite été utilisé pour comparer les groupes. Les données non normales ont été analysées au moyen de tests non paramétriques : Kruskal-Wallis pour les comparaisons des 4 groupes, test U de Mann-Whitney pour comparer les groupes deux à deux. Les nombres d'animaux exprimant ou non un comportement dans les groupes ont été comparés par un test de  $\chi^2$ . Les données sont exprimées en moyenne  $\pm$  erreur standard de la moyenne (SEM).

## RESULTATS

### Poids vif

Il n'y a pas d'interaction entre l'effet de l'apport de Trp et de probiotique sur le poids des animaux (ANOVA,  $P > 0,05$ ). Les caillles recevant un fort apport de Trp sont significativement plus légères que les caillles ayant un apport normal à J6, 13, 20, 27, 34, and 41 (ANOVA,  $P = 0,05$  ;  $P = 0,01$  ;  $P = 0,01$  ;  $P = 0,04$  ;  $P = 0,030$  et  $P = 0,05$  respectivement ; Figure 1), mais cet effet disparaît à partir de 48 jours (ANOVA,  $P > 0,05$ ). L'administration du probiotique n'a pas d'effet sur le poids.

L'apport de Trp réduit la fente cloacale à J34 chez les animaux Trp et cette réduction est compensée par l'apport du probiotique chez les

caillles Trp-Pro (Interaction entre effet Trp\*effet Pro,  $P = 0,01$  ; Figure 2). A J48, cette fente tend à rester plus réduite chez les caillles recevant la forte supplémentation en Trp (ANOVA,  $P = 0,07$ ).

### Comportement social

Il n'y a pas d'interaction entre l'effet de l'apport de Trp et de probiotique sur la motivation sociale mesurée par la distance parcourue sur le tapis roulant (DistSR : Témoin,  $750 \pm 115$  ; Trp,  $558 \pm 119$  ; Pro,  $706 \pm 108$  ; Trp-Pro,  $685 \pm 125$  u.a. ; Kruskal-Wallis test,  $P > 0,10$ ). Néanmoins, la proportion de caillles qui se déplacent pour rejoindre les congénères tend à être moins élevée chez les animaux qui consomment un taux élevé de Trp ( $85,5\%$  vs  $70,6\%$  ;  $\chi^2$ ,  $P = 0,06$ ).

Il n'y a pas d'interaction entre l'effet de l'apport de Trp et de probiotique sur la distance parcourue dans l'arène lors du test d'isolement social (ANOVA,  $P > 0,10$ ). Les caillles avec un fort apport de Trp parcourent une distance qui tend à être plus faible que chez les caillles avec un apport normal (Figure 2 ; ANOVA,  $P = 0,06$ ).

Il n'y a pas d'effet de l'apport de Trp, de probiotique et de l'interaction sur la motivation sexuelle des mâles mesurée à 51 jours d'âge (DistSexR : Témoin,  $886 \pm 212$  ; Trp,  $1155 \pm 275$  ; Pro,  $866 \pm 203$  et Trp-Pro,  $999 \pm 238$  u.a. ; Kruskal-Wallis test,  $P > 0,10$ ).

### Réactivité émotionnelle

Il n'y a pas d'effet de l'apport de Trp, de probiotique et de l'interaction sur le nombre d'inductions et la durée d'immobilité tonique (nombre d'inductions : Témoin,  $2,0 \pm 0,2$  ; Trp,  $1,9 \pm 0,3$  ; Pro,  $2,2 \pm 0,2$  and Trp-Pro,  $1,9 \pm 0,2$  ; Kruskal-Wallis test,  $P > 0,10$  ; durée de l'immobilité : Témoin,  $60 \pm 8$  ; Trp,  $45 \pm 5$  ; Pro,  $44 \pm 7$  et Trp-Pro,  $57 \pm 8$  s ;  $P > 0,10$ ).

Dans le test d'open-field, il n'y a pas d'interaction entre l'effet du Trp et du Pro. Le fort apport de Trp a réduit le temps passé en zone périphérique (Figure 4 ; ANOVA,  $P = 0,05$ ), sans effet sur la distance totale parcourue, ce qui signifie que la réactivité émotionnelle est augmentée chez ces animaux.

## CONCLUSION

En conclusion, chez la caille, on ne retrouve pas l'effet favorable d'un apport élevé de Trp sur le comportement social qui a été observé chez la poule pondeuse. Bien que nous ayons calibré l'apport au poids de la caille en utilisant une concentration

constante et non un apport absolu constant, cet apport est sans doute trop élevé dans cette espèce un effet défavorable sur la croissance et module plutôt négativement la motivation sociale et la réactivité émotionnelle. L'apport du probiotique ne permet pas de compenser les effets défavorables du Trp sur la croissance pondérale et le comportement. Ces travaux confirment qu'il existe bien un effet de l'apport de Trp sur le comportement et suggèrent qu'une dose excessive peut même inverser ces effets. Il est donc nécessaire d'étudier les lois de dose-réponse afin de savoir si ce levier alimentaire pourrait contribuer à l'amélioration du comportement social et à la réduction du stress chez les volailles.

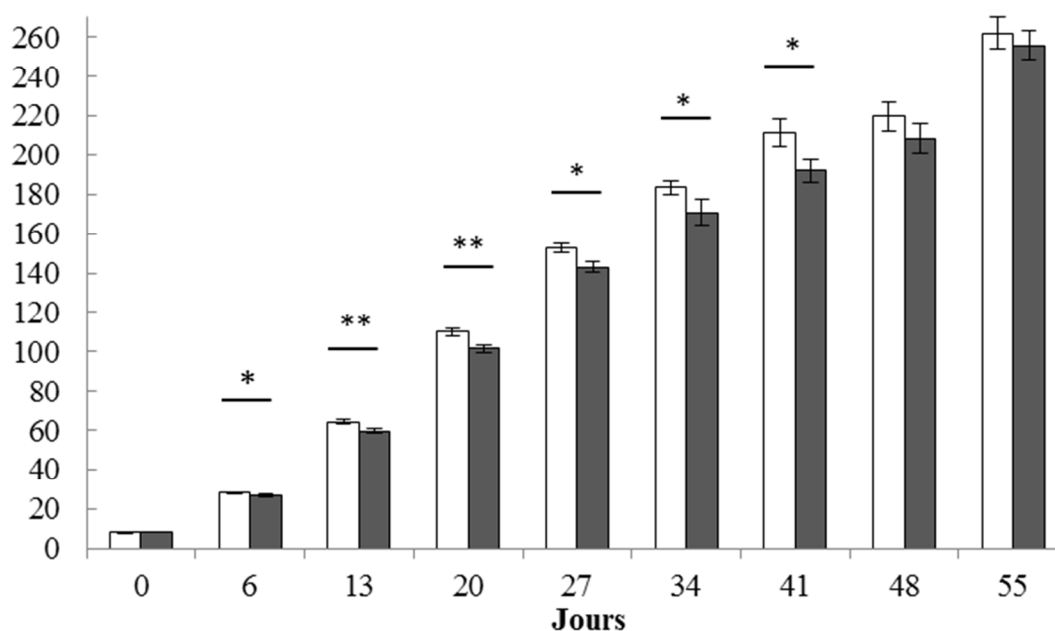
## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ensemble des personnes du Pôle d'Expérimentation Avicole de Tours qui ont participé à cette expérience, en particulier Sandrine Rivière, Joël Delaveau et Christophe Rat pour la production des cailleteaux, Nicolas Besne pour la fabrication des aliments et les personnes de l'équipe Comportement, Neurobiologie, Adaptation de l'UMR PRC. Ce travail a bénéficié du soutien financier de l'INRA, de l'UMR85 et du programme de bourses de recherche post-doctorale internationale du Conseil de recherche scientifique

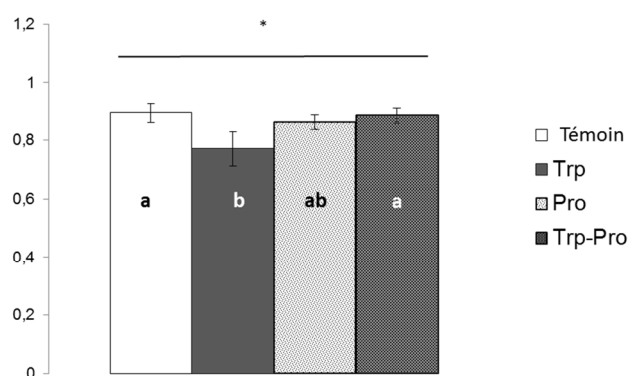
et technologique de Turquie (TUBITAK, Grant No. BIDEB-2219).

## REFERENCES

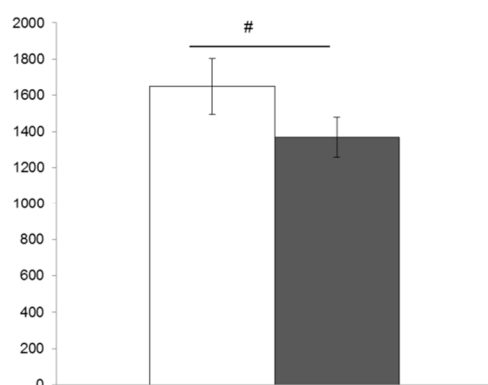
- Corzo A, Kidd MT, Thaxton JP, Kerr BJ 2005. Dietary tryptophan effects on growth and stress responses of male broiler chicks. *British Poultry Science* 46, 478–484.
- Crumeayrolle-Arias M, Jaglin M, Bruneau A, Vancassel S, Cardona A, Dauge V, Naudon L and Rabot S 2014. *Psychoneuroendocrinology* 42, 207–217.
- Koopmans S, Ruis M, Dekker R, Vandiepen H, Korte M and Mroz Z 2005. *Physiology & Behavior* 85, 469–478.
- Marco M, Pavan S, Kleerebezem, M. 2006. *Current Op. Biotechnol.* 17, 204–210.
- Nowak A, Arabski M, Libudzisz Z. 2008. *Food technol. Biotechnol.* 46, 299–304.
- Parois S. 2013. Master 2 Biologie, Agronomie, Santé. Rennes 1.
- Poletto R, Meisel RL, Richert BT, Cheng HW and Marchant-Forde JN 2010. *Applied Animal Behaviour Science* 122, 98–110.
- Savory CJ, Mann JS and Macleod MG 1999. *British Poultry Science* 40, 579–584.
- van Hierden YM, Koolhaas JM and Korte SM 2004. *Applied Animal Behaviour Science* 89, 71–84.



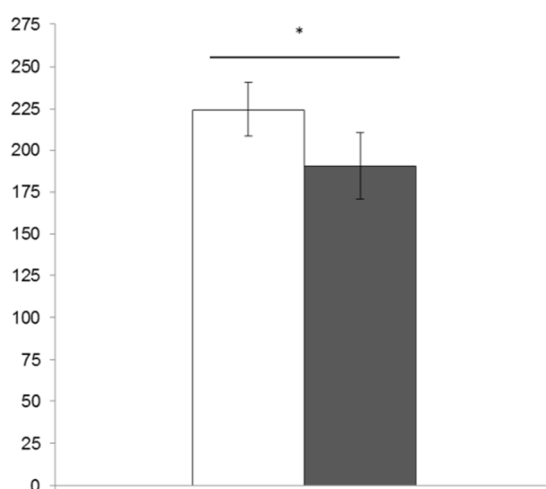
**Figure 1.** Poids (g) des animaux recevant un taux normal (groupe Témoin et groupe Pro, □) ou élevé de tryptophane (groupe Trp et groupe Trp-Pro, ■). ANOVA, \* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$ .



**Figure 2.** Longueur de la fente cloacale (cm) mesurée à J34 (Les lettres différentes indiquent des différences significatives au seuil de  $P = 0,05$ ).



**Figure 3.** Distance parcourue (u.a) lors de l'isolement social chez les animaux recevant un taux normal (groupe Témoin et groupe Pro, □) ou élevé de tryptophane (groupe Trp et groupe Trp-Pro, ■). ANOVA,  $^{\#}P = 0.058$ .



**Figure 4.** Temps (s) passé en zone périphérique de l'open-field chez les animaux recevant un taux normal (groupe Témoin et groupe Pro, □) ou élevé de tryptophane (groupe Trp et groupe Trp-Pro, ■). (ANOVA,  $^*P = 0.049$ ). Une réduction du temps passé dans cette zone indique que la réactivité émotionnelle est augmentée.





Offrez du  
**FOIE GRAS**  
ON S'EN SOUVIENDRA !



Pour plus d'informations sur la tradition culturelle et gastronomique du Foie Gras :  
[www.leblogdufoiegras.com](http://www.leblogdufoiegras.com) / [www.lefoiegras.fr](http://www.lefoiegras.fr)

# Un Oeuf chaque jour... En forme toujours !\*

Grâce à ses qualités nutritionnelles,  
l'Oeuf est un aliment d'exception

L'Oeuf offre des protéines de qualité pour  
un prix très abordable

En cuisine, l'Oeuf fait merveille dans  
de nombreuses recettes salées ou sucrées



Pour en savoir plus sur l'Oeuf, connectons-nous sur [www.leblogdeloeuf.com](http://www.leblogdeloeuf.com)

Le CNPO est l'Interprofession de l'Oeuf qui représente chacun des maillons de la filière Oeuf, des accoueurs aux transformateurs en passant par les éleveurs, il regroupe huit organisations. Le CNPO a été reconnu par les pouvoirs publics le 12 mars 1996. Il est chargé de contribuer au développement et à la prospérité des différentes branches de la filière ponte.

\*sauf contre indication



Comité National pour  
la Promotion de l'Oeuf



**Delacon.**  
performing nature